

LenA | circular houses

Berichte aus Energie- und Umweltforschung ~~2023~~

Wien, 2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren:

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christoph Hackspiel, Mag. Andrea Kessler, Ing. Peter Kneidinger,
Sen. Scientist DI Ulrike Schwantner, Arch DI Malgorzata / Goga Sommer-Nawara

Wien, 2026. Stand: 16. März 2026

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer: in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer_in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer_in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer_in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem FTI-Schwerpunkt „Klimaneutrale Stadt“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) und Klima- und Energiefonds (KLIEN). Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden Forschung, Entwicklung und Demonstration von Technologien und Innovationen gefördert, mit dem Ziel, einen essentiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden, Quartieren und Städten zu liefern. Gleichzeitig wird dazu beigetragen, die Lebens- und Aufenthaltsqualität sowie die wirtschaftliche Standortattraktivität in Österreich zu erhöhen. Hierfür sind die Forschungsprojekte angehalten, einen gesamtheitlichen Ansatz zu verfolgen und im Sinne einer integrierten Planung – wie auch der Berücksichtigung aller relevanten Bereiche wie Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung, Berücksichtigung von gebauter Infrastruktur, Mobilität und Digitalisierung – angewandte und bedarfsorientierte Fragestellungen zu adressieren.

Um die Wirkung des FTI-Schwerpunkts „Klimaneutrale Stadt“ zu erhöhen, ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Projektergebnissen ein elementarer Baustein. Durch Begleitmaßnahmen zu den Projekten – wie Kommunikation und Stakeholdermanagement – wird es ermöglicht, dass Projektergebnisse skaliert, multipliziert und „Von der Forschung in die Umsetzung“ begleitet werden. Daher werden alle Projekte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform nachhaltigwirtschaften.at freizugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender_innen eine interessante Lektüre.

Inhalt

Rechtlicher Hinweis	3
Vorbemerkung.....	4
1 Kurzfassung.....	7
2 Abstract	9
3 Projektinhalt	11
3.1 Ausgangslage Bauvorhaben.....	11
3.2 Finanzierung zirkulärer Bauvorhaben.....	13
3.3 Sichtbarmachung verfügbarer Bauteile.....	17
4 Ergebnisse.....	19
4.1 Bauausführung und Umsetzungsbegleitung	19
4.2 Reuse in der Architektur–Ausbildung.....	20
4.2.1 Zirkularität im Bauwesen als Herausforderung	20
4.2.2 Die Geschichte von LenA.....	25
4.3 Einsatz und Entwicklung von ReProducts®	29
4.3.1 Entwicklung und Co-Creation.....	29
4.3.2 Rückgewinnung und Aufbereitung.....	30
4.3.3 Qualitäts- & Nachhaltigkeitsnachweise	31
4.3.4 Markteintritt und Vertrieb anhand ReParkett	31
4.3.5 Relevanz für KreislaufBauwirtschaft	32
4.4 Bewertungen und Analysen der Nachhaltigkeit.....	33
4.5 Prüfobjekt Brettstapeldecke.....	33
4.5.1 Aufgabenstellung der Untersuchungen	34
4.5.2 Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse.....	34
4.6 ReUse-Monitoring: Energieausweis, EPD und LCA.....	50
5 Schlussfolgerungen.....	55
5.1 Fachliche Einschätzung der Prozessbegleitung	55
5.2 Weiterbearbeitung der Handbuchergebnisse	56
5.3 Zielgruppe	56
6 Ausblick und Empfehlungen.....	57
6.1 Standorte für Experimentierräume & Reallabore schaffen	57
6.1.1 Prototyping.....	58
6.2 Themenfeld in die Breite tragen.....	59

Data Management Plan (DMP)	60
1. Datenerstellung und Dokumentation	60
2. Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte.....	60
3. Datenspeicherung und -erhalt	61
4. Wiederverwendbarkeit der Daten	62
Tabellenverzeichnis	63
Abbildungsverzeichnis	64
Literaturverzeichnis	66
Abkürzungen	67

1 Kurzfassung

Das Projekt LENA zeigt in der Praxis, wie ressourceneffizienter Materialeinsatz in der Architektur gelingt. LENA dokumentiert zirkuläre Gestaltungsmethoden und zeigt auf, warum die Planung bei der End-of-Life-Phase beginnt. Durch den Einsatz digitaler Methoden und Technologien bei der Rückgewinnung von vorhandenen sowie Fertigung von neuen Bauelementen unter dem Fokus der Weiterverwendung wird ermittelt, welche Einsparungen an grauer Energie und CO₂ bei der Herstellung von ReUse Produkten und lösba- ren/rückbaubaren/austauschbaren Verbindungen für unsere gebauten Strukturen, Stadt- und Siedlungsräume erzielbar sind.

Laut dem *Global Status Report for Buildings and Construction* der Vereinten Nationen ist die Baubranche für rund 40% der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich (UNEP, 2022). Durch das linear gestaltete Wirtschaftssystem werden wertvolle Baustoffe zum Ende ihres Lebenszyklus trotz des hohen stofflichen Werts entsorgt, anstatt diese im Kreislauf zu halten. Die Wiederverwendung und die Rückbaubarkeit von Bauteilen tragen wesentlich zu Einsparung von Emissionen bei. materialnomaden GmbH trägt seit mehreren Jahren seine Expertise zu Kreislaufwirtschaft an die Baubranche durch Projekte unterschiedlicher Größenordnungen heran. Ende 2021 wurde die „circular house GmbH“ gegründet. Sie fungiert als Projektentwicklerin und Bauherrin für das umzusetzende Projekt LenA. Anhand einer Bestanderweiterung in einer oberösterreichischen Einfamilienhaus-Siedlung aus den 1950er Jahren wird prototypisch in der Anwendung gezeigt, dass hohe Gebäudequalität, niedriger Ressourcenverbrauch und geringste Emissionen durch die Prinzipien des kreislauffähigen Bauens sowohl bei Sanierungsvorhaben als auch bei Neubauvorhaben gelingen kann. Im vorliegenden Projekt wird das Bestandsgebäude saniert, aufgestockt und zwei weitere eigenständige Einheiten werden am Grundstück zu gesamt 360 m² Nutzfläche erweitert.

Begleitend zur baulichen Umsetzung ist die Erforschung und die Demonstration der positiven Klimawirkung durch Wiederverwendung ein Aspekt, um die neuen Prozesse standardisierbar zu beschreiben und die Hauptprinzipien in die derzeit gültigen Leistungsphasen in der Planung und Ausführung zu übertragen. In einer ökologischen Vergleichs-Bewertung – LCA (Life-Cycle-Assessment), die vom Team Exikon erstellt wurde – wird aufgezeigt, in welchem Ausmaß ein ReUse-Gebäude gegenüber einem konventionellen Neubau positive Auswirkungen für Mensch und Umwelt hat.

Dass ReUse im Vergleich zu Recycling ein Vielfaches an Ressourceneinsparung ermöglicht, wird anhand des Einsatzes und der Entwicklung von ReProducts® verdeutlicht. Der ReParkett® – eines der ersten standardisierten ReUse-Produkte kommt im Projekt zum Einsatz. Durch sein CO₂ Zertifikat fließt eine quantifizierbare Emissions-Einsparung in die Gebäudebewertung ein. Diese wird als Lenkungsbaustein für eine EU-Taxonomie-konforme Projektfinanzierung für Bankkreditkonditionen bewertbar, und veranschaulicht die mögliche Finanzierbarkeit einer Bauwende, die sich vermehrt dem Bestand und den Sekundärmaterialien verpflichten wird müssen, um gesetzte Klimaziele zu erreichen.

Eine Bewertbarkeit der eingesparten und wiedereinzusetzenden Sekundär-Ressourcen setzt die Integration der Phase „Rückbau“ voraus: für die Bauteildatenbankerstellung ergibt sich daraus eine zusätzliche Planungsleistung, die in herkömmlichen Planungsprojekten bis dato nicht berücksichtigt wird. Hier spielen die Digitalisierung und Bauteilkatalogisierung eine wesentliche Rolle, um Information zu Verfügbarkeit, Demontagezeitraum und Menge, sowie Eigenschaften für eine Integration in eine neue Planung übergeführt zu werden. RosinA ist im Projekt LenA das eingesetzte Tool zur Erstellung von Reuse-Datenblätter. Bauteile, Materialien und Produkte aus Rückbaugebäuden oder anderen Quellen, die für eine Weiterverwendung in Frage kommen, werden erfasst, um Bild-, Objekt- und Materialeigenschaften ergänzt und in eine Datenbank übertragen. Aus den digital verfügbaren Informationen zu den jeweiligen Potentialen, lassen sich Bauteilkataloge erstellen, die als Grundlage für den weiteren ReDesign-Prozess dienen.

Neben den ökologischen und ökonomischen Projektzielen liegt großes Potential in der sozialen Nachhaltigkeit. Um mehr Bewusstsein und mehr Wertschätzung für das Vorhandene zu schärfen, ist unter anderem BASEhabitat (Kunstuni Linz) am Konsortium beteiligt, und ermöglicht künftigen Architekt_innen die so wichtige Auseinandersetzung mit einem konkreten Gebäude über Bestandserfassung und Rückbau bis zu Entwurf und Umbau. Durch die praktische Arbeit auf der LenA Baustelle gewinnen Architekturstudierende handwerkliche Erfahrung und direkten Einblick in den Umgang mit regenerativen und zirkulären Baustoffen. Das Camillo Sitte Bautechnikum (HTL Wien) wurde damit betraut, wieder eingesetzte Materialien zu prüfen und testen, um geltende baukonforme Richtlinien einzuhalten.

Alle Prozesse und Erkenntnisse sind in einem Kompendium, den „Circular Architecture Design Rules“ für die Abhaltung weiterer Workshops und Lehrveranstaltungen von ReUse-Projektvorhaben anwendbar zusammengefasst.

2 Abstract

The LENA project demonstrates in practice how resource-efficient use of materials can be achieved in architecture. LENA documents circular design methods and shows why planning begins at the end-of-life phase. By using digital methods and technologies to recover existing building elements and manufacture new ones with a focus on reuse, it determines what savings in gray energy and CO₂ can be achieved in the manufacture of re:use products and detachable/demountable/replaceable connections for our built structures, urban and residential areas.

According to the United Nations *Global Status Report for Buildings and Construction*, the construction sector is responsible for approximately 40% of global CO₂ emissions (UNEP, 2022). Due to the linear design of the economic system, valuable building materials are disposed of at the end of their life cycle despite their high material value, instead of being kept in circulation. The reuse and dismantling of building components contribute significantly to reducing emissions.

For several years, materialnomaden GmbH has been contributing its expertise in circular economy to the construction industry through projects of various sizes. At the end of 2021, circular house GmbH was founded. It acts as project developer and builder for the LenA project. Using an extension to an existing building in a 1950s single-family housing estate in Upper Austria, the application demonstrates in a prototypical manner that high building quality, low resource consumption, and minimal emissions can be achieved through the principles of circular construction in both renovation and new construction projects. In this project, the existing building will be renovated and extended, and two additional independent units will be added to the property, bringing the total usable floor space to 360 m².

Accompanying the construction work, research and demonstration of the positive climate impact of reuse is one aspect of describing the new processes in a standardized way and transferring the main principles to the currently valid service phases in planning and execution.

An ecological comparative assessment—an LCA (Life Cycle Assessment) prepared by Team Exikon—shows the extent to which a ReUse building has a positive impact on people and the environment compared to a conventional new building.

The fact that reuse enables many times more resource savings than recycling is illustrated by the use and development of ReProducts®. ReParkett® – one of the first standardized reuse products – is used in the project. Thanks to its CO₂ certificate, quantifiable emission savings are included in the building assessment. This can be evaluated as a steering component for EU taxonomy-compliant project financing for bank loan conditions and illustrates the potential financial viability of a construction transition that will increasingly have to commit to existing buildings and secondary materials to achieve set climate targets.

The assessment of the secondary resources saved and reused requires the integration of the “demolition” phase: for the creation of the component database, this results in additional planning work that has not been considered in conventional planning projects to date. Digitalization and component cataloging play an essential role here in transferring information on availability, dismantling period, and quantity, as well as properties for integration into a new plan. RosinA is the tool used to create reuse data sheets. Components, materials, and products from demolished buildings or other sources that are suitable for reuse are recorded on site, supplemented with image, object, and material properties, and transferred to a database. The digitally available information on the respective potentials can be used to create component catalogs that serve as the basis for the further redesign process.

In addition to the ecological and economic project goals, there is great potential in social sustainability. In order to raise awareness and appreciation for what already exists, BASEhabitat (University of Art and Design Linz) is involved in the consortium. The project enables future architects to get involved in the process of dealing with a specific building, from inventory and deconstruction to design and conversion. Through practical work on the LenA construction site, architecture students gain hands-on experience and direct insight into working with renewable and circular building materials. The Camillo Sitte Bautechnikum (HTL Vienna) has been entrusted with inspecting and testing reused materials to ensure compliance with applicable building regulations.

All processes and findings are summarized in a compendium, the “Circular Architecture Rules,” which can be used for holding further workshops and teaching courses on ReUse projects.

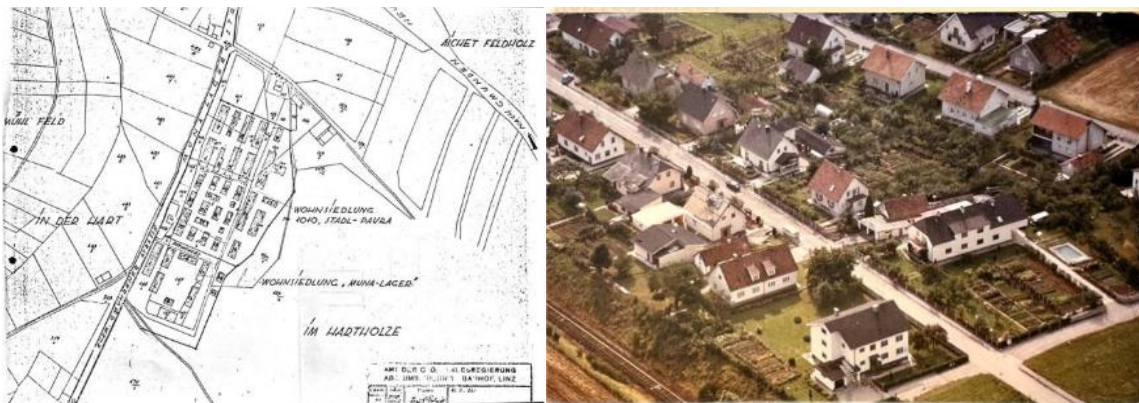
3 Projektinhalt

3.1 Ausgangslage Bauvorhaben

Objekt und Bauvorhaben für die ReUse Prozessbegleitung ist ein Wohnhaus in einer Siedlung aus den 1950er Jahren im zentralösterreichischen Raum.

Bis 10 Jahre nach Kriegsende des zweiten Weltkrieges waren Flüchtlinge und Heimatvertriebene Menschen in Barackensiedlungen untergebracht. Anfang der 1950er gelang es, in der Nähe von Ballungszentren neue Siedlungen aufzubauen.

Abbildung 1 Lageplan der Flüchtlingsansiedelung in Baracken / Siedlungsbau in den 1950ern



Quelle: Archivfotos, privat

Diese Bauvorhaben konnten nach Kriegsende mit Unterstützung kirchlicher und internationaler Organisationen, die studentischen Bauhelferinnen aus europäischen Ländern vermittelten in nachbarschaftlicher Zusammenarbeit „HandsOn“ verwirklicht werden.

Abbildung 2 Ausheben der Baugrube / Studentische Helfer mit Bauherrschaft



Quelle: Archivfotos, privat

Abbildung 3 Bestandsgebäude / Erweiterungsobjekte



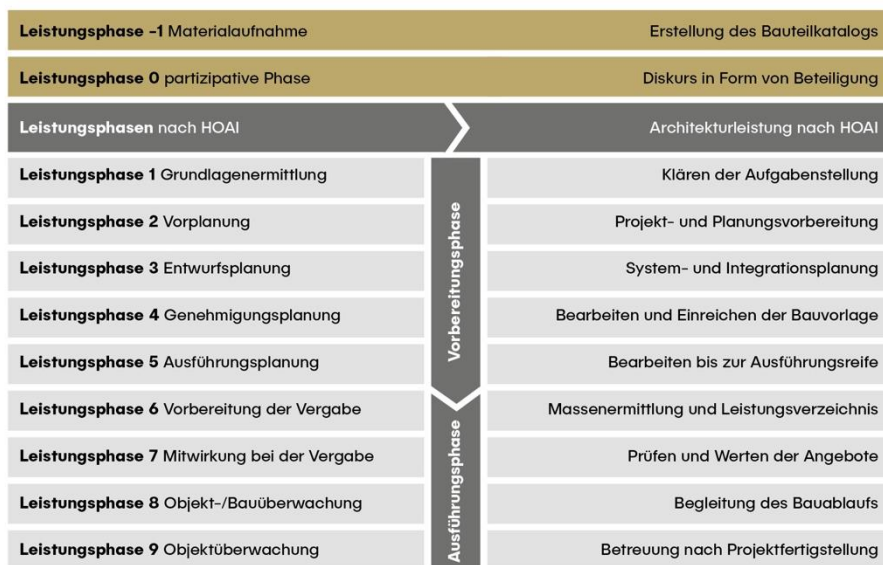
Quelle: materialnomaden GmbH

Zum Stichtag der Wohnungszählung (Statistik Austria: 2023-09-19) waren 64,5 % des Gebäudebestands Einfamilienhäuser, gefolgt von Zweifamilienhäusern (12,3 %), sonstigen Gebäuden (11,7 %) und Häusern mit mehr als zwei Wohnungen (11,5 %).

3.2 Finanzierung zirkulärer Bauvorhaben

Da sich durch die Herangehensweise, vorhandene Bauteile in den Entwurfsprozess zu integrieren, die Entwurfsaufgabe von Beginn an neu darstellen lässt, sind den Leistungsphasen nach HOAI sind die zu berücksichtigende Aspekte den LPH 1 bis LPH 9 vorangestellt und sind im Rahmen einer Begleitung direkt durch Bauherrschaft als Konsulenten oder als Fachplanung zur Architekturplanung heranzuziehen.

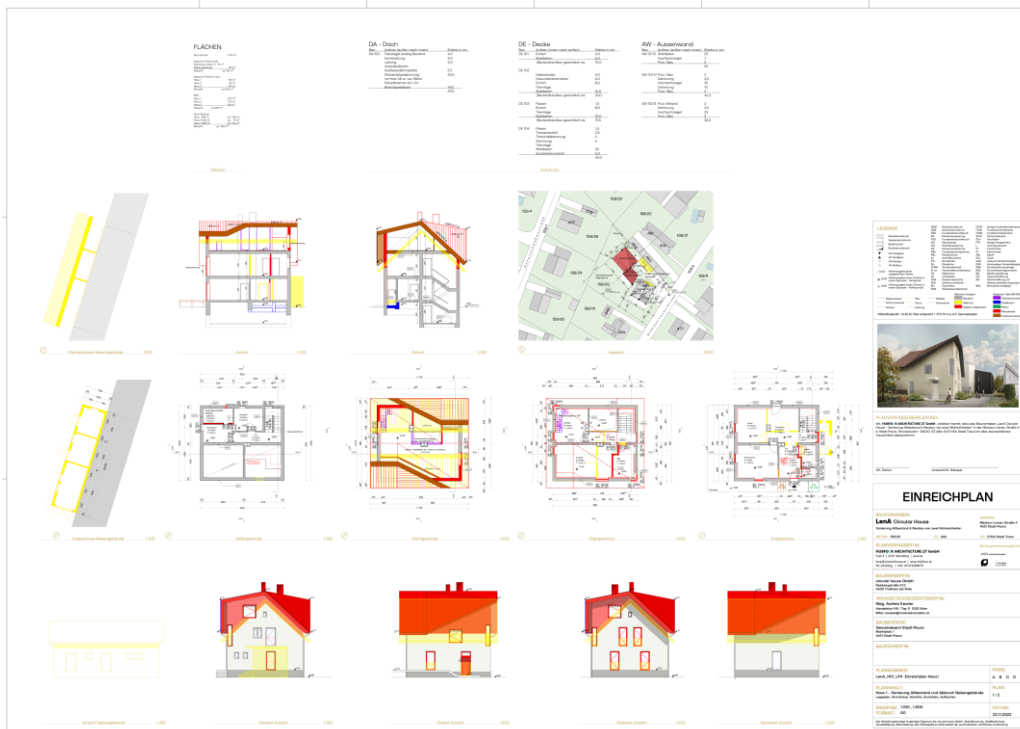
Abbildung 4 Leistungsphasen Architektur Plus ReUse



Quelle: materialnomaden GmbH

Ein erhöhter Planungsaufwand wird in der Regel durch die Bereitstellung und Integration von ReUse Material – je nach Materialität, Menge, Match-Making- und anderen Parametern wettgemacht / egalisiert. Eine Hürde stellt die Finanzierbarkeit dar, da es im Bankenwesen derzeit an Finanzprodukten fehlt, die Vorleistungen zur Gewinnung von Sekundärmaterial für das Bauvorhaben berücksichtigt.

Abbildung 5 Einreichplan Bestand Umbau LenA Projekt



Quelle: circular house GmbH

Abbildung 6 Einreichplan Neubau LenA Projekt



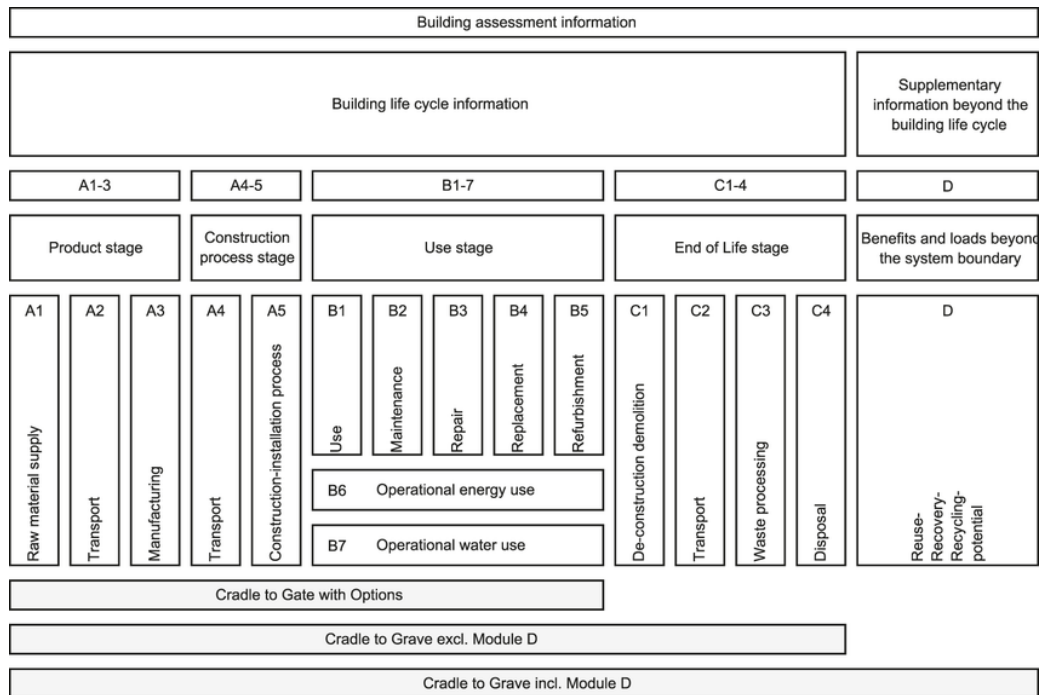
Quelle: circular house GmbH

Tabelle 1 Normenwerke zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden

Beschreibung	Typ	Art	Quelle	Zugang	Link
ÖNORM EN 15978	Nachhaltigkeit von Bauwerken	Bewertung der Umweltleistung von Gebäuden - Anforderungen und Anleitungen	Statistik Austria	öffentlich	https://www.austrian-standards.at/
ÖNORM EN 15804	Nachhaltigkeit von Bauwerken	Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (konsolidierte Fassung)	Statistik Austria	öffentlich	https://www.austrian-standards.at

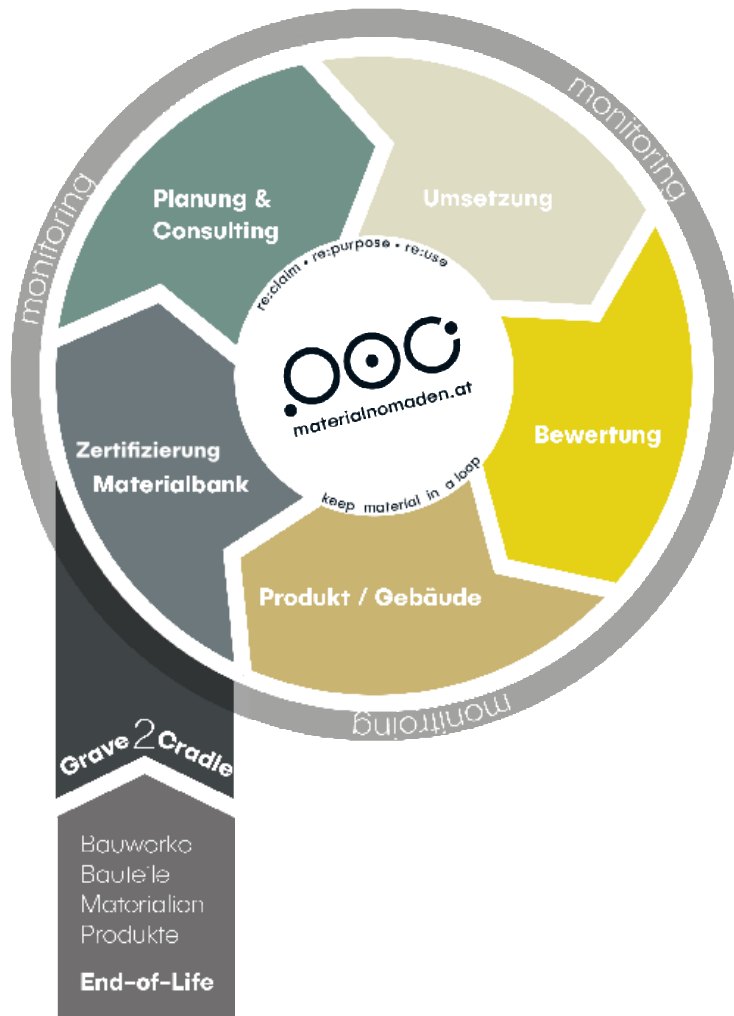
Bei der Betrachtung der Lebenszyklusphasen stellt sich beim Einsatz von Sekundärmaterial nicht allein die Frage nach der Verwendungsdauer und den Nutzungszeiträumen. Vielmehr sollte dem Rohstoffgewinnungsprozess besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Im Bereich des ReUse kommen häufig Werkzeuge zum Einsatz, die im Hinblick auf die Emission grauer Energie erhebliche Einsparpotenziale aufweisen.

Abbildung 7 Lebenszyklusbetrachtung



Quelle: researchgate.net

Abbildung 8 Darstellung Wertschöpfungskreislauf mit Grave2Cradle Ansatz



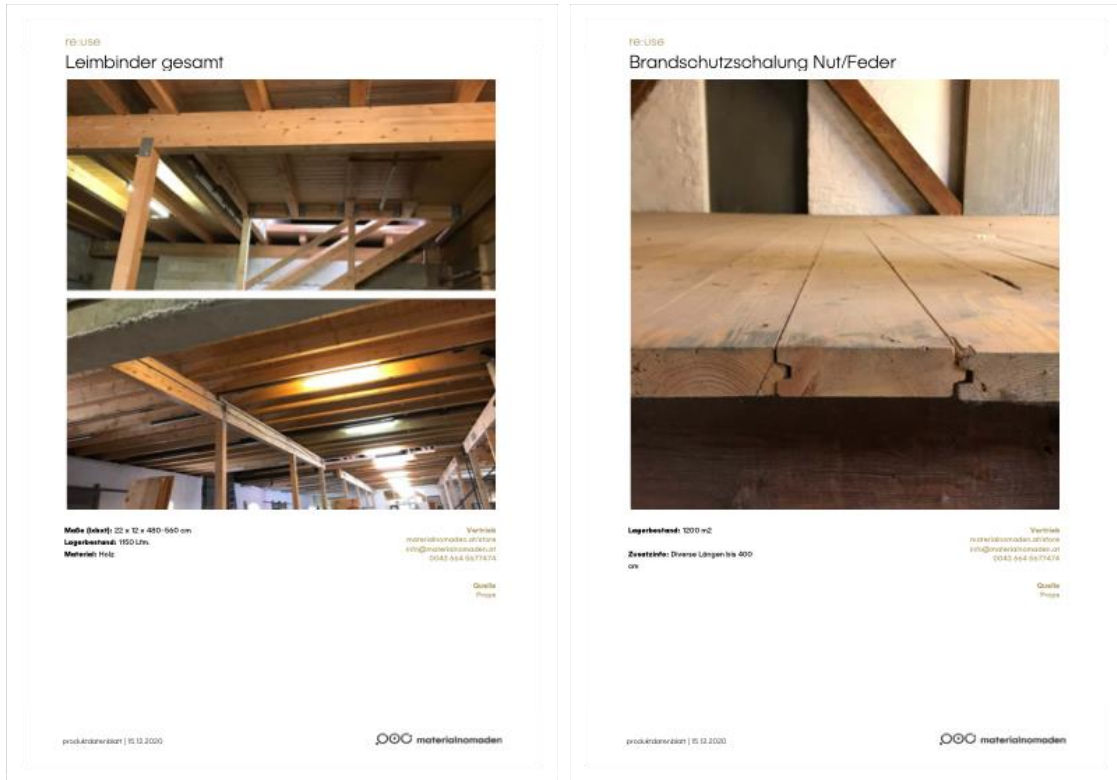
Quelle: materialnomaden GmbH

Eine mögliche Darstellung des Lebenszyklus von Gebäuden sowie von Bauprodukten und Materialien, die ursprünglich dem Recycling oder sogar der Deponie zugeführt worden wären, verdeutlicht, dass diese Methode einen besonderen Fokus auf den kreativen Produktentwicklungsprozess erfordert.

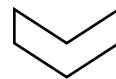
Eine standardisierte Methode gilt es zu erarbeiten, die einen Spielraum offenlässt, Produkte nicht im 1:1 wiederzuverwenden, sondern neue Produkte zu entwickeln. Dieser kreative Schritt passiert in der Bestandsbegutachtung, wie auch im Erkunden und Auffinden von Objekten, Materialien und Ressourcen. Er stellt Ausgangspunkt für die Entwicklung von Designmethoden dar, die es ermöglichen, Gebäude- sowie Produktlebenszyklen zu verlängern, und/oder reparierbar und rückbaufähig zu gestalten.

3.3 Sichtbarmachung verfügbarer Bauteile

Abbildung 9 Bauteilkatalog Nordwestbahnhof Wien Props-Halle: konstruktive Holzbauteile
Brandschutzschalung / Bilder Baustelle ReUse Bauteile



ReUse als Dachstuhl



ReUse als Brettschichtdecken



Quelle: materialnomaden GmbH

Anhand des Bauteilkatalogisierens mit dem Tool [RosinA] betreibt die HarvetsMAP eGen – eine Genossenschaft zur Vermittlung von ReUse Bauteilen – eine Datenbank, zur gezielten Vermittlung von Bauteilen (Match-Making). Die Datenbank enthält bereits teilweise standardisierte Prozesse für häufig vorkommende Produkte. Gleichzeitig befindet sich die Wiederverwendung im Bauwesen noch in einer Pionierphase. Daher werden laufend weitere wiederkehrende Materialien und Bauelemente erfasst und integriert mit dem Ziel eine möglichst hohe Quote an Wiederverwendung zu erreichen. Im Gebäudebestand aus den Jahren 1950 bis 2000 sind derzeit schätzungsweise mehrere hundert unterschiedliche Produkte im Einsatz. Durch die rasante Entwicklung industrieller Fertigungsmethoden sind diese Bauteile in ihrer Konstruktion und Zerlegbarkeit zunehmend komplex geworden, was eine zusätzliche Herausforderung in der Wiederverwendung darstellt.

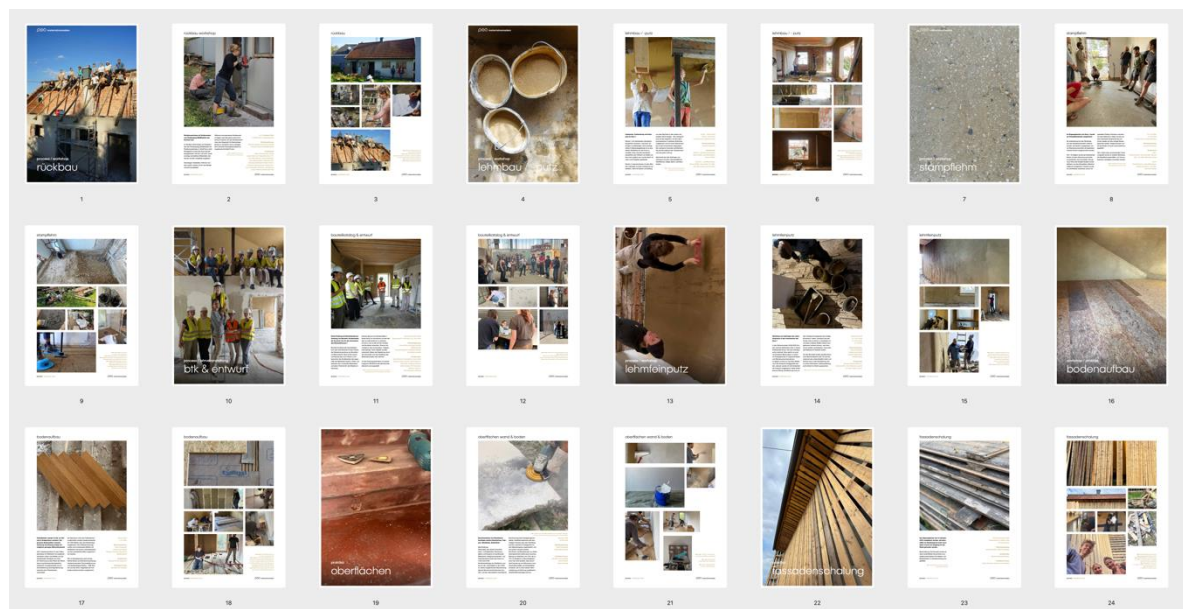
Der Umgang mit diesen Bauelementen aus unterschiedlichen Herstellungsphasen wird im Projekt LenA ausführlich dargestellt und entsprechend ihrer Bauperiode analysiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind auf den Gebäudebestand seit Beginn der Siedlungsentwicklung übertragbar.

4 Ergebnisse

4.1 Bauausführung und Umsetzungsbegleitung

Die Umsetzungsphase wird mit Studierenden durchgeführt, die in den jeweiligen Bauabschnitten am Objekt selbst prototypische Entwicklungen im Workshopformat begleiten.

Abbildung 10 Dokumentation der praktischen HandsOn Workshops im LenA Projekt



Quelle: BASEhabitat und materialnomaden

Die Dokumentation der Workshops ist auf der Webseite von BASEhabitat abrufbar.
<https://www.basehabitat.org/perch/resources/lenaworkshopdokumentation.pdf>

4.2 Reuse in der Architektur–Ausbildung

Die wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch die Konsortialpartnerin, das Studio BASEhabitat am Institut für Architektur der Kunstuniversität Linz. Ulrike Schwantner schreibt in ihrer Zusammenfassung zur Dokumentation des Projektes folgenden Artikel:

4.2.1 Zirkularität im Bauwesen als Herausforderung

Die negativen Auswirkungen des Bausektors auf die Umwelt sind alarmierend. Er ist für durchschnittlich 50 % des Primärrohstoffverbrauchs in der EU verantwortlich und gleichzeitig für 36 % der festen Abfälle (Heringer et. al. 2022, S 112). Heisel und Hebel (2022) bringen es auf den Punkt, wenn sie sagen, dass wir offensichtlich bei der Gestaltung unserer Gebäude massiv versagen, wenn wir in der Baubranche derart viel Abfall produzieren.

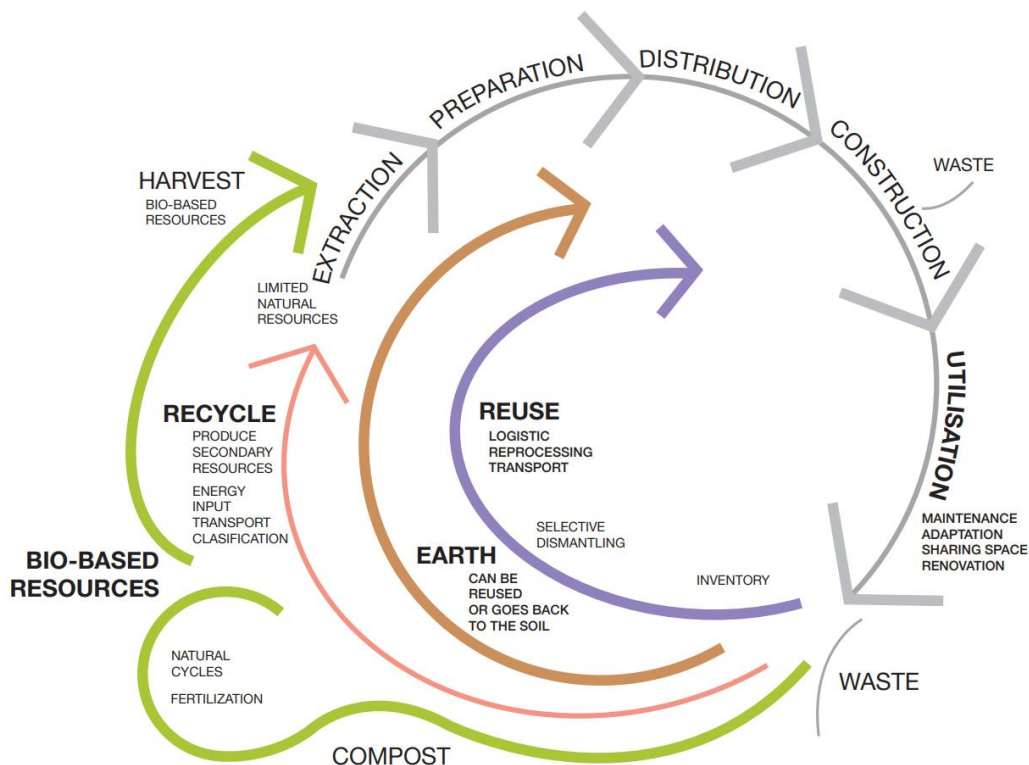
Universitäten, die zukünftige Architekt_innen und Ingenieur_innen ausbilden, spielen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Die Hochschulausbildung muss sich radikal ändern und neue Paradigmen des zirkulären Bauens vermitteln, bei denen die Wahl der Materialien eine wichtige Rolle spielt. Regenerative Baumaterialien wie Lehm und biobasierte Ressourcen sind für einen neuen nachhaltigen Ansatz in der Architektur unerlässlich. Diese Materialien sollen zu den neuesten Standards werden, die routinemäßig im Bausektor verwendet werden. Damit dies gelingt, muss das Know-how auch in die Ausbildung aller Handwerker_innen und Fachkräfte integriert werden, von verschiedenen Bereichen des Bauwesens bis hin zur Gebäudeausstattung. Jeder Fachmann / jede Fachfrau im Baugewerbe muss regenerative Materialien theoretisch und praktisch kennen und den Umgang mit ihnen beherrschen. Lehm mit all seinen außergewöhnlichen Eigenschaften hat definitiv das Potenzial, eine wichtige Rolle im modernen Bauwesen zu spielen. Weltweit hat der Lehmbau jedoch nach wie vor mit großen Imageproblemen zu kämpfen. Der Mangel an Wissen und die hohen Anforderungen an die Umsetzung im Bau sorgen dafür, dass Lehm noch eine Nische bleibt. Pioniere des Lehmbaus fordern daher mehr Forschung und Ausbildung sowie Normen und Standardisierungen, die eine Umsetzung in größerem Maßstab erleichtern. Eine weitere Forderung ist die Realisierung von mehr praktischen Bauprojekten, in denen neue Anwendungsmöglichkeiten und Materialkombinationen getestet und sichtbar gemacht werden (Heringer et. al., 2022).

Dank vieler Pioniere, die seit Jahrzehnten den Lehm- und Holzbau erforschen und umsetzen und sich für Zertifizierung und Ausbildungsangebote einsetzen, wurden wichtige Grundlagen geschaffen. Entscheidend wird sein, wie dieses Wissen verbreitet und weiterentwickelt wird. Deutschland ist in Zentraleuropa Vorreiter mit der Entwicklung von Lehm- und Holzbaunormen und Regelungen, die dem Lehm- und Holzbau neue Dimensionen eröffnen können.

4.2.1.1 Zirkuläre Architektur durch neue Material- und Designstrategien

Der Ansatz der zirkulären Architektur bricht mit dem Einwegmodell, bei dem Gebäude so schnell und kostengünstig wie möglich hergestellt, kurzzeitig genutzt und dann als Abfall entsorgt werden. Die Grafik in Abbildung 11 veranschaulicht, wie Kreislaufwirtschaft in der Architektur durch zwei Strategien forciert werden kann, durch den Fokus auf die verwendeten Materialien und durch die Anwendung neuer Designstrategien, die den Entwurf des Gebäudes selbst beeinflussen.

Abbildung 11 Materialkreisläufe in der Architektur



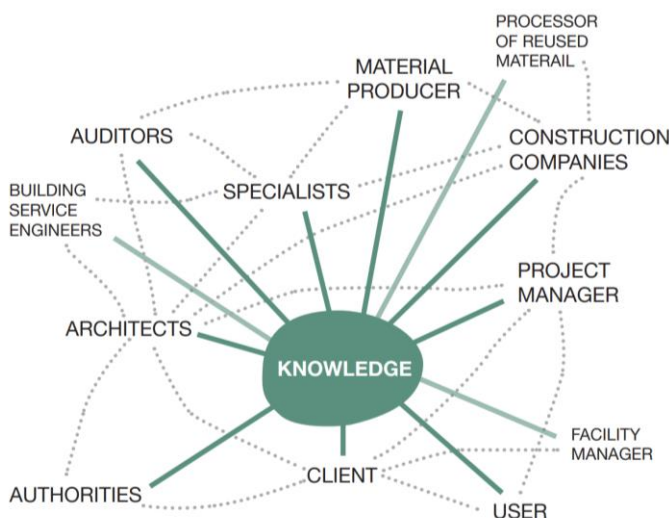
Quelle: Eigene Darstellung Ulrike Schwantner

Die Materialstrategie setzt auf die Verwendung von Lehm und biobasierten Rohstoffen, die sorgfältige Wiederverwendung vorhandener Materialien und die Nutzung des Potenzials der bestehender Bausubstanz. Die Designstrategien müssen den Bedarf an neuen Gebäuden hinterfragen (weniger bauen), die Minimierung der verwendeten Materialmenge forcieren und ein Design schaffen, das flexibel für eine lange Nutzungsdauer und für mehrere Lebenszyklen steht. Das Design muss auch die Wartung und den Betrieb der Gebäude optimieren, durch die Anwendung bioklimatischer Designprinzipien können diese verbessert werden.

4.2.1.2 Gemeinsame Planung und Umsetzung: Eine neue Rolle für Architekt_innen

Eine ganzheitliche Sichtweise auf Architektur unterstreicht die Notwendigkeit, dass viele Akteure bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb eines Gebäudes zusammenarbeiten, und zwar über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg, einschließlich Umbau und Wiederverwendung. Die Rolle der Architekt_innen verändert sich. Sie sind nicht mehr die Expert_innen, die alleine an ihrem Schreibtisch arbeiten, sondern werden zu Vermittelnden, die mit vielen anderen Akteuren interagieren. Um ein Projekt erfolgreich zu entwickeln, ist das Fachwissen aller Beteiligten erforderlich. Einige der wichtigsten Akteure und ihr gemeinsames Potenzial zur Schaffung neuen Wissens im Architekturprozess sind in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 12 Netzwerk der Akteur_innen im Architekturprozess



Quelle: Eigene Darstellung Ulrike Schwantner, nach Bergmann 2019

Insbesondere wenn es um die Umsetzung innovativer Ansätze in der Architektur geht, wie dies beim Lehm- und im ReUse der Fall ist, ist die Zusammenarbeit vieler Personen von entscheidender Bedeutung. Viele detaillierte Fragen, die sich bei der Umsetzung von Innovationen stellen, können nur durch den Input von Expert_innen mit unterschiedlichem Fachwissen vollständig gelöst werden. Der Wandel geht Hand in Hand mit einem radikal neuen Verständnis der Rollen aller Akteur_innen in der Bauindustrie und basiert auf Innovation während des gesamten Prozesses (Hebel & Heisel, 2022, S. 100).

Die Komplexität dieser Prozesse erfordert neue Planungsmethoden und eine Planungskultur, in der alle Projektbeteiligten vollständig und gleichberechtigt einbezogen werden. Ziel ist es, fragmentierte, hierarchische, sequenzielle Prozesse zu überwinden und stattdessen ganzheitliche, kollaborative, simultane Prozesse im Architekturprozess zu schaffen (Bergmann, 2019, S. 182).

Das Prinzip der kollaborativen Planung, das in vielen anderen Branchen bereits Standard ist, muss auch in der Architektur eingeführt werden. Der Wandel hin zu einer zirkulären Architektur erfordert disruptive Innovationen, die nur durch einen multidisziplinären und sektorübergreifenden Ansatz erfolgreich umgesetzt werden können (Milstein, 2022, S. 128).

Diese neuen Formen der Zusammenarbeit müssen trainiert werden. Es gibt noch manche Hindernisse zu überwinden, um den Übergang zu kollaborativem Entwerfen und Bauen zu erreichen. Wie in vielen Ländern ist auch in Österreich die Bauwirtschaft eher von einer Kultur des Wettbewerbs und des Misstrauens geprägt. Handwerker_innen, Ingenieur_innen und Architekt_innen begegnen sich oft mit Skepsis. Es ist wichtig, Orte der multidisziplinären und sektorübergreifenden Interaktion zu schaffen, an denen Vorurteile überwunden werden können. Bildungsprogramme im Bausektor und darüber hinaus sollten diesem Thema große Bedeutung beimessen. Die Zusammenarbeit bei experimentellen Bauprojekten, ob im kleinen oder großen Maßstab, kann ein Ausgangspunkt sein. Als Förderer von Innovation können Universitäten eine wichtige Rolle in diesem Paradigmenwechsel spielen.

4.2.1.3 BASEhabitat in Kooperation mit materialnomaden

BASEhabitat, ein Studio am Institut für Architektur an der Kunstuniversität Linz, engagiert sich seit 2004 für sozial verantwortliche und nachhaltige Architektur und legt dabei einen starken Fokus auf Lehm- und Holzbauelemente und die Verwendung regenerativer Materialien in der Architektur-Ausbildung. Gemeinsam mit Lehrenden, Fachplaner_innen, Studierenden und zahlreichen Partner_innen wurden über die Jahre 30 konkrete Projekte entworfen, in denen materialsparend mit Lehm, Bambus und Holz entworfen wurde, etwa die Hälfte der Projekte wurden in enger Zusammenarbeit mit Handwerker_innen realisiert. Als Vorzeigeprojekt zirkulärer Architektur wurde *Hägi Wendls* (Muntlix, 2020-2022) mit dem Vorarlberger Holzbaupreis 2023 in der Sonderkategorie "Gesellschaftliche Relevanz" ausgezeichnet. Verschiedene Lokale Bauunternehmen, Handwerker_innen, Architekt_innen, Universitätslehrende und Studierende haben ein historisches Bestandsgebäude erhalten und mit Lehm, Holz und Kalk und Pflanzenfasern aus nächster Nähe umgebaut. Über die Zusammenarbeit mit materialnomaden GmbH konnte in den letzten Jahren das Thema ReUse in das Studium integriert werden. Nach einer ersten Kooperation 2022 in der Studierende Fassadenelemente aus Deckenelementen ausrangierter ÖBB-Züge entworfen hatten, wurde über das Projekt LenA Circular Houses die Zusammenarbeit fortgesetzt.

BASEhabitat Ausbildungsangebote

Studienprogramme bei BASEhabitat

BASEhabitat bietet einen Studiengang im Master Architektur an, sowie ein postgraduales Ausbildungsangebot. Theoretischer und praktischer Unterricht mit regenerativen Materialien, bioklimatische Designprinzipien und partizipatives Design spielen dabei eine zentrale Rolle. Studierende verbringen ein Semester auf einer Baustelle und lernen Architektur aus einer anderen Perspektive kennen.

Workshops and Summer School zu regenerativen Baumaterialien

BASEhabitat ist Teil des Netzwerk Lehm Österreich und des UNESCO Chair Earthen Architecture, und bietet verschiedene Formate der Weiterbildung im Umgang mit Lehm und Pflanzenfasern an.

Experimentelle Bauprojekte mit Fokus auf Zirkularität

Wesentlicher Teil der Arbeit ist das Lernen über konkrete Bauprojekte. Im Rahmen des Studiums entstehen Entwürfe die Neues Testen und als Pionierprojekte umgesetzt werden.

4.2.2 Die Geschichte von LenA

LenA bezeichnet ein Einfamilienhaus in einer Nachkriegs-Siedlung in Stadl-Paura in Oberösterreich. Das Gebäude aus den 1950er Jahren hat sein ursprüngliches Aussehen bewahrt. Während in der Nachbarschaft im herkömmlichen Sinne umgebaut wurde und das Dilemma der österreichischen Einfamilienhaussiedlung manifestiert wird, mit überdimensionalen Wohnflächen für oft wenige ältere Bewohner_innen, monofunktionale Nutzung und fehlende Wandelbarkeit. Die Idee der Besitzer_innen war es, das Gebäude so umzubauen und zu erweitern, dass daraus ein Leuchtturm-Projekt zirkulärer Architektur entsteht. Neben dem Bestandsgebäude wurden weitere Neubauten geplant, die zur Gänze aus wiederverwendeten Baumaterialien bestehen. Die Planungen waren bereits vorangeschritten und die Umsetzung in Gang, als über das Forschungsförderungsprogramm Klimagerechte Stadt der FFG die Möglichkeit entstand, mehrere Partner_innen in das Projekt mit einzubeziehen und so den gesamten Prozess breiter aufzuziehen und dokumentierend zu begleiten.

Die Vision und das Team

Das oberste Prinzip im Projekt ist es den Bestand möglichst weit zu erhalten und durch geschickte Umplanung flexible Grundrisse zu schaffen, die für diverse Nutzungen offen sind. So sollen verschieden Wohnformen Platz finden, Arbeitsräume geschaffen werden und Freiräume gemeinsam genutzt werden. Zweite Priorität im Projekt ist es beispielhaft aufzuzeigen, wie geerntete Baumaterialien in einem Umbauprojekt wiederverwendet werden können, welche vielfältigen Hindernisse auftauchen und wie diese gegebenenfalls gelöst werden können. Ein weiteres Anliegen ist die Kombination von Bestand, wiederverwendeten Bauteilen und regenerativen Baustoffen wie Lehm, sowie deren Kombination mit innovativer Gebäudetechnik.

Neben den Projektpartner_innen waren über die Projektlaufzeit diverse Handwerksbetriebe, Zimmerer und Baufirmen beteiligt, die sich auf das Experiment eingelassen haben und essenzielle Inputs und Lösungsansätze brachten. Von BASEhabitat waren mehrere Wissenschaftliche Mitarbeiter_innen, Bauleiter und eine Fachkraft für Lehmbau involviert.

Abbildung 13 Studierende der Kunstuniversität Linz auf der LenA Baustelle



Quelle: BASEhabitat

Kollaborative Bauworkshops als Teil der Architektur-Ausbildung

Das Besondere in der Umsetzung der LenA Baustelle war die Zusammenarbeit mit der Architekturabteilung der Kunstuniversität Linz. Das Studio BASEhabitat hat bereits seit Jahren Erfahrung mit Hands-On Baustellen Einsätzen der Studierenden, neu war allerdings der ReUse Einsatz. In der Architekturausbildung ist es von enormer Bedeutung, einen radikalen Wandel zu vollziehen und Studierende mit Wissen und Erfahrungen auszustatten, sodass sie Akteure nachhaltigen Bauens werden. Durch die praktische Tätigkeit auf Baustellen eignen sie sich Wissen an, das sie in Entwürfen, Prozessplanung und Umsetzung anwenden können. Im LenA Projekt konnten Studierende das Thema ReUse in verschiedenen Etappen erleben.

Abbildung 14 Studierende präsentieren ihre Entwurfsideen für LenA an der Kunstuniversität Linz



Quelle: BASEhabitat

(Rück-)Bauworkshops

Im Laufe der Projektzeit wurden mehrere Workshops abgehalten. Begonnen wurde mit einem Rückbau-Workshop, bei dem ein Nebengebäude sorgfältig abgetragen wurde und wiederverwendbare Materialien wie Holzbalken, Dachziegel und Mauerziegel gewonnen werden konnten. Normalerweise wird zu Beginn jedes Semesters ein Kurzentwurf angeboten, im Rahmen des LenA Projekts haben wir Studierende stattdessen eingeladen, sich mit einem Bestandsgebäude und seinen Komponenten zu beschäftigen und zu sehen, wie es wieder in Einzelteile zerlegt werden kann. Teil der Übung war es auch die geernteten Materialien zu dokumentieren. So kann ein Umdenken erreicht werden, das Bestand und vorhandenes Material noch vor erste Ideen des Entwerfens stellt.

In den nächsten Monaten folgten mehrere Lehm-Workshops unter der Leitung einer Lehm-Expertin von BASEhabitat. Begonnen wurde mit dem Innenausbau und einem Grobputz aus Lehm, später wurde der Feinputz aufgebracht. Spannend waren dabei die langen Diskussionen um das optimale Heizsystem das mit den Eigenschaften der Lehmputze harmoniert. Zum Teil wurde händisch gearbeitet, zum Teil wurden Maschinen eingesetzt.

In einem Sommer Workshop wurde ein Stampflehm Boden im Eingangsbereich eingebracht. Die Anwendung von Lehm auf einer Baustelle zu üben und gleichzeitig mit Normen, Vorschriften und Dämmwerten konfrontiert zu sein, war eine spannende Erfahrung für die Studierenden.

Im Winter 2024/25 wurde der Innenausbau fortgesetzt, Lehmfeinputze und der Aufbau des Holzbodens wurden umgesetzt. Dabei ist es gelungen, mit minimalem Eingriff und maximaler Bestandserhaltung eine gute Lösung zu finden, die auch eine Fußbodenheizung inkludiert.

Entwurf mit Materialien eines Bauteilkatalogs

Studierende aus dem Bachelor Architektur haben sich über mehrere Monate dem Thema Entwerfen mit Bestandsmaterial beschäftigt. Vorträge, Exkursionen in das Materiallager in Wien und zur Baustelle LenA waren die Grundlage des Projekts. Nachdem Materialien für ausgewählt und katalogisiert wurden, ging es ans Entwerfen für die Gestaltung der Innenräume.

Abbildung 15 Ideen von Bachelorstudierenden zur Wiederverwendung von Bauteilen



Quelle: BASEhabitat

Sichtbarkeit des Projekts

Das LenA Projekt ist keine gewöhnliche Baustelle, sie hat in der Nachbarschaft Neugierde geweckt und fand Unterstützung in der Gemeinde. Damit die Öffentlichkeit die Baustelle besuchen kann, wurde sie im Rahmen der Architekturtage 2024 für Interessierte geöffnet.

Generell waren im Haus Besucher_innen willkommen. Neben lokalen Baufirmen, die für diverse herausfordernde Themen des ReUse zu Rate gezogen wurden, waren auch die Studierenden immer wieder vor Ort und konnten über die Zeit verschiedene Bauabschnitte, Aufbauten, Lösungsideen mitverfolgen. Dieser Austausch war für alle sehr spannend und lehrreich.

4.3 Einsatz und Entwicklung von ReProducts®

ReProducts® ist eine EU-eingetragene Marke der materialnomaden GmbH im Bereich Bau/Kreislaufwirtschaft. Sie steht für Produkte/Materialien, die nicht klassisch neu, sondern wiederverwendet oder zirkulär aufbereitet in den Markt gebracht werden. Der Weg zum Markt umfasst Materialrückgewinnung, technische Aufbereitung, Nachweise (z. B. EPDs) und klassisches Produkt- bzw. Marken-Marketing über Vertriebskanäle.

„ReProducts®“ sind Produkte, Konzepte oder Services, die im Kontext nachhaltiger Bauwirtschaft bzw. Kreislaufwirtschaft positioniert werden sollen – insbesondere in Verbindung mit der Idee, hochwertige Materialien wiederzuverwenden, statt ausschließlich neu herzustellen.

Die Marke allein ist *kein Produkt*, sondern ein **Marken- bzw. Konzeptsdach**. Der Prozess, wie konkrete Bauprodukte und Materialien entwickelt und vermarktet werden, lässt sich in mehreren Schritten erklären – und entspricht den allgemeinen Kreislauf- und Re-Use-Ansätzen in der Bauwirtschaft.

4.3.1 Entwicklung und Co-Creation

Unternehmen wie materialnomaden arbeiten mit **Industriepartnern, Forschungseinrichtungen und Handwerk zusammen**, um Produkte aus wiedergewonnenen Materialien zu entwickeln.

Ein Beispiel aus der Praxis: In einem Projekt wurde zusammen mit Partnern_innen aus Parketherstellung ein Produkt realisiert, das künftig als „ReProducts®“ vermarktet wird. Dieses hat einen deutlich reduzierten CO₂-Fußabdruck und wurde mit dem *German Design Award 2025* ausgezeichnet. [AEE](#)

4.3.2 Rückgewinnung und Aufbereitung

Ausgangspunkt für ReProducts®-Materialien ist typischerweise **selektiv rückgebautes Material** oder Baustoff-Verschnitt, der sortiert, geprüft und aufbereitet wird. Solche Materialien erhalten erst durch eine Aufbereitung (z. B. Reinigung, Reparatur, Sortierung) ihre **technische und normative Tauglichkeit** für die Wiederverwendung.

Abbildung 16 Leimbinder & Vollholz zur Bearbeitung in der Zimmerei / Einsatz als Dachstuhl im Projekt LenA

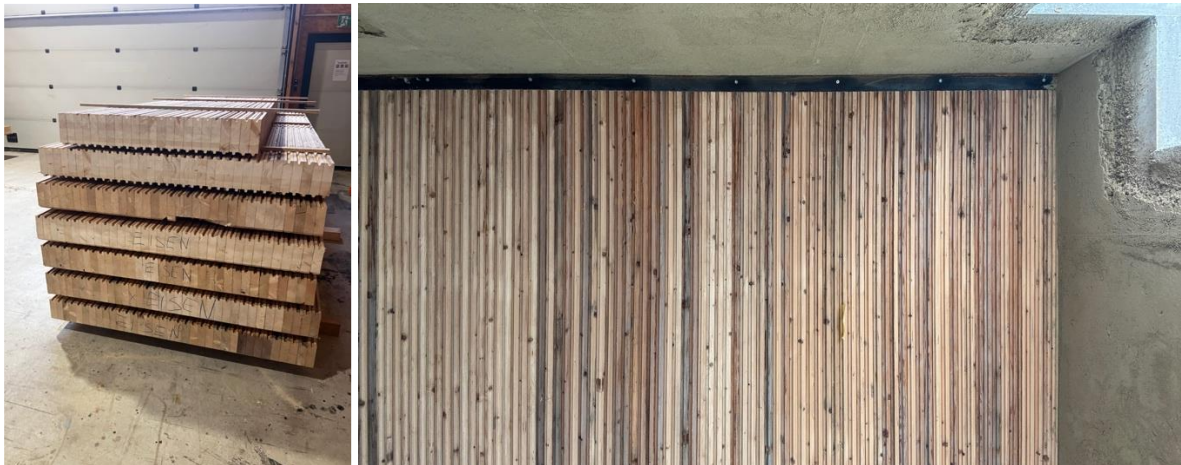


Quelle: materialnomaden GmbH

4.3.3 Qualitäts- & Nachhaltigkeitsnachweise

Für Bauprodukte, besonders wenn sie wiederverwendet oder recycelt sind, sind **ökologische Produktdeklarationen (EPDs)**, Umweltzeichen oder Leistungs- und Konformitätserklärungen wichtig, um sie im Markt positionieren zu können. Im Bereich Re-Use gibt es mittlerweile auch spezifische EPD-Regeln, die definieren, wie die Vorteile von wiederverwendeten Produkten transparent dargestellt werden können.

Abbildung 17 Brettstapeldecke aus Brandschutzschalung



Quelle materialnomaden GmbH

4.3.4 Markteintritt und Vertrieb anhand ReParkett

- Sobald ein Produkt technisch und rechtlich „markt-fähig“ ist (inkl. Nachhaltigkeitsangaben, evtl. CE-Konformität nach Bauprodukte-Verordnung etc.), wird es über **klassische Kanäle wie B2B-Vertrieb, Plattformen, Messen, Kooperationen mit Baustoffhandel, Architekt_innen und Planer_innen** angeboten.
- Die Marke *ReProducts*[®] dient dabei als **Branding-Element**, das Produkte mit Kreislauf- und Re-Use-Ansprüchen kennzeichnet und vom klassischen Produktangebot abhebt.

Abbildung 18 ReParkettlieferung für das Projekt LenA



Quelle materialnomaden GmbH

Anhand des Projekt LenA wurde der ReParkett verlegt. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er – als neu aufbereiteter Eichenvollholz–Parkettstab erneut für 100 Jahre (inklusive 3x abschleifen) im Einsatz bleiben kann. Das ist ein 3-4-fach längere Lebensdauer als derzeit am Markt üblicher 3-Schicht-Parkett (wenn qualitativ hochwertig, dann 25 Jahre Lebensdauer).

4.3.5 Relevanz für KreislaufBauwirtschaft

Im Bauwesen gewinnt die Idee, Materialien *nicht zu entsorgen, absondern wiederzuverwenden oder aufzuarbeiten*, immer mehr an Bedeutung:

- Recycling und Wiederverwendung können Ressourcenverbrauch, Deponiemengen und CO₂-Emissionen reduzieren. IBO
- Geschäftsmodelle müssen entsprechend angepasst werden – z. B. durch Rücknahme-Services, Aufarbeitungsprozesse oder transparente Produktkennzeichnungen.

Marken wie **ReProducts®** spielen dabei eine Rolle, weil sie **Vertrauen schaffen und Orientierung** geben, ähnlich wie Umweltzeichen oder EPDs – nur eben speziell für kreislauforientierte Bauprodukte.

4.4 Bewertungen und Analysen der Nachhaltigkeit

Das Bautechnikum Camillo-Sitte zeichnet im Projekt verantwortlich dafür, dass die eingesetzten – im vorliegenden Exempel – tragenden Bauelemente, der Brettstapeldecke, als exemplarisches Beispiel einer Inwertsetzung von vorher bereits in einem ersten Lebenszyklus im Einsatz befindlichen Bauholz geprüft zum Einsatz kommt:

BERICHT FORSCHUNGSPROJEKT

„Demonstration des circular architecture design process für zirkuläres und reuse Bauen anhand des Leuchtturmprojekts LenA“

Mechanische Untersuchung einer Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holz-Fassadenbrettern

4.5 Prüfbjekt Brettstapeldecke

Am 08.02.2024 wurden durch einen Beauftragten der Camillo Sitte Versuchsanstalt für Bautechnik Messungen an einer Brettstapeldecke durchgeführt. Bei dieser Decke handelt es sich um ein System, welches aus schon einmal eingebauten Holz-Fassadenbrettern hergestellt wurde. Es handelt sich daher um eine Brettstapeldecke, bei welcher Holzbauteile einer Fassade für eine tragende Deckenkonstruktion wiederverwendet werden soll. Die untersuchte Deckenplatte ist in zu sehen.

Abbildung 19 Untersuchte Deckenplatte des Brettstapelsystems aus wiederverwendeten Holz-Fassadenbrettern



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

4.5.1 Aufgabenstellung der Untersuchungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten folgende Fragestellungen durch Untersuchungen nachgegangen werden:

1. Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holzbrettern unter einer Flächenlast
2. Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holzbrettern unter einer Einzellast auf eine einzelne Lamelle zur Untersuchung der Lastverteilung in Plattenbreite
3. Untersuchung des Schwingungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holzlamellen im eingebauten Zustand
4. Messung der tatsächlichen vertikalen Durchbiegung der Brettstapeldecke im eingebauten Zustand
5. Untersuchung des Elastizitätsmoduls sowie der Biegezugfestigkeit der wiederverwendeten Holzlamellen
6. Untersuchung des Abbrandverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Fassadenbrettern im Kleinbrandversuch

Die Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens erfolgte im Werk der Fa. Holzbau Aigner Ges.m.b.H. in 4591 Molln. Die Untersuchungen an der Einzellamelle erfolgte im Labor der Camillo Sitte Versuchsanstalt (CSVA). Der Kleinbrandversuch wurde am Partnerinstitut der CSVA, nämlich in der Staatlichen Versuchsanstalt des Technischen Gewerbemuseums (TGM) in Wien durchgeführt.

4.5.2 Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse

4.5.2.1.1 Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holzbrettern unter einer Flächenlast

Für die Untersuchung der Last-Verformungseigenschaften der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Fassadenbrettern aus Holz wurde das zu untersuchende Bauteil zunächst auf 2 stählerne Böcke horizontal aufgelagert (siehe Abbildung 20).

Abbildung 20 Versuchsaufbau für den ersten Belastungszyklus des Bauteils



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Die freie Spannweite des Bauteils betrug dabei zwischen den Stahlböcken ca. 3,65 m. Der untersuchte Bauteil hatte eine Gesamtlänge von 4,50 m, eine Gesamtbreite von 1,18 m und eine Dicke von 0,145 m. Er bestand aus insgesamt 29,5 Lamellen mit einer mittleren Lamellenbreite von ca. 40 mm ($29,5 \times 0,04 = 1,18$ m). In Abbildung 21 a) und b) ist der Querschnitt des Bauteils sowie ein Detail der Lamellengeometrie zu sehen.

Abbildung 21 Versuchsaufbau für den ersten Belastungszyklus des Bauteils



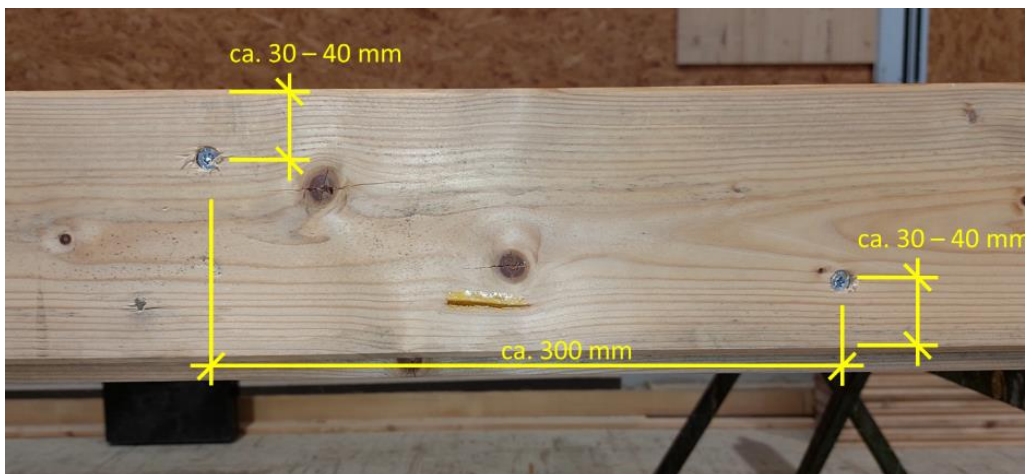
a) Querschnitt des Bauteils auf einem Stahlbock

b) Detail der Lamellengeometrie

Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

In Abbildung 21 ist die Nut-Feder-Geometrie aus der vorangegangenen Nutzung der Elemente klar ersichtlich. Für die Wiederverwendung der Holzbretter als Brettstapelsystem wurden diese hochkant stehend mittels Schrauben des Typs 6 x 125 miteinander zu einem Deckenelement verschraubt. Die Schrauben wurde dabei in Längsrichtung des Brettstapelements immer über die Bauteilhöhe versetzt, sodass im Mittel ein Randabstand von der Oberseite, bzw. von der Unterseite der Lamelle aus gesehen von ca. 30 – 40 mm entstand. Der Längsabstand der Verschraubung in Richtung der Spannrichtung der Deckenscheibe betrug im Schnitt ca. 300 mm (siehe Abbildung 22).

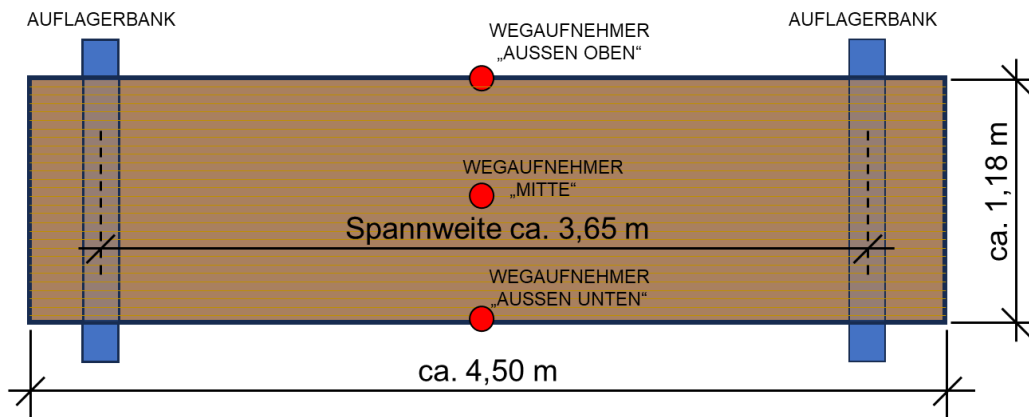
Abbildung 22 Verschraubungsbild der untersuchten Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Fassadenbrettern



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Die Messung der Vertikalverformung erfolgte von unterhalb des Bauteils aus mittels drei potentiometrischer Wegaufnehmer, welche einmal in der Mitte der Platte („Mitte“) und jeweils einmal an den beiden Rändern der Platte positioniert waren („Außen oben“ und „Außen unten“). Die Bezeichnung „Außen oben“ sowie „Außen unten“ resultiert aus der Betrachtung der Platte im Grundriss als Draufsicht. Der Wegaufnehmer „Außen oben“ wurde an der Außenseite im oberen Bildrand positioniert, der zweite wiederum an der Außenseite im unteren Bildrand (siehe Abbildung 23).

Abbildung 23 Positionierung der drei potentiometrischen Wegaufnehmer an der Plattenunterseite



a) Darstellung des Messaufbaus im Grundriss (Draufsicht)



b) Foto des Messaufbaus (Untersicht)

Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Die kontinuierliche Aufzeichnung der drei gemessenen Wege erfolgte durch ein ALMEMO Messsystem. Die Belastung wurde in Form von Betonblöcken auf die Platte aufgebracht. Diese wurden vor dem Auflegen auf die Brettstapeldecke mittels einer Kranwaage genau gewogen damit später ein Zusammenhang zwischen der aufbrachten Belastung und der Durchbiegung des Bauteils hergestellt werden kann. (siehe Abbildung 24).

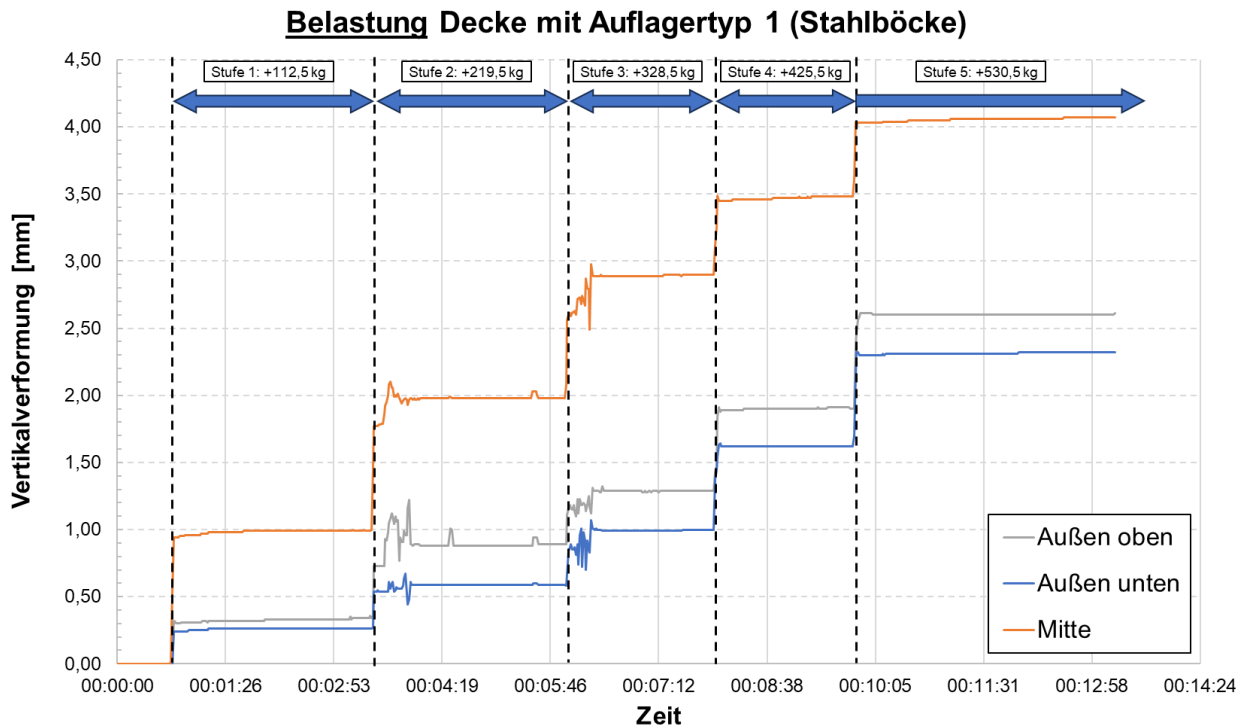
Abbildung 24 Aufbringen der Belastung mittels abgewogener Betonblöcke



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Das Ergebnis der schrittweisen Belastung des zu untersuchenden Bauteils mit Betonblöcken ist in Abbildung 25 zu sehen. Es zeigt sich, dass sich die Außenkanten der Platte in einer ähnlichen Größenordnung vertikal verformen. Da die Last sowohl in der Mitte der Spannweite als auch eher in der Mitte der Platte aufgebracht wurde, zeigt die Verformung in Plattenmitte einen größeren Wert als an den beiden Außenkanten der Platte. In der mittigen Verformung ist allerdings auch ein gewisser Anteil aus der Verformung der beiden Stahlböcke, welche als Auflager für die Platte dienten, mitenthalten. Die Auflast wurde in fünf Stufen aufgebracht.

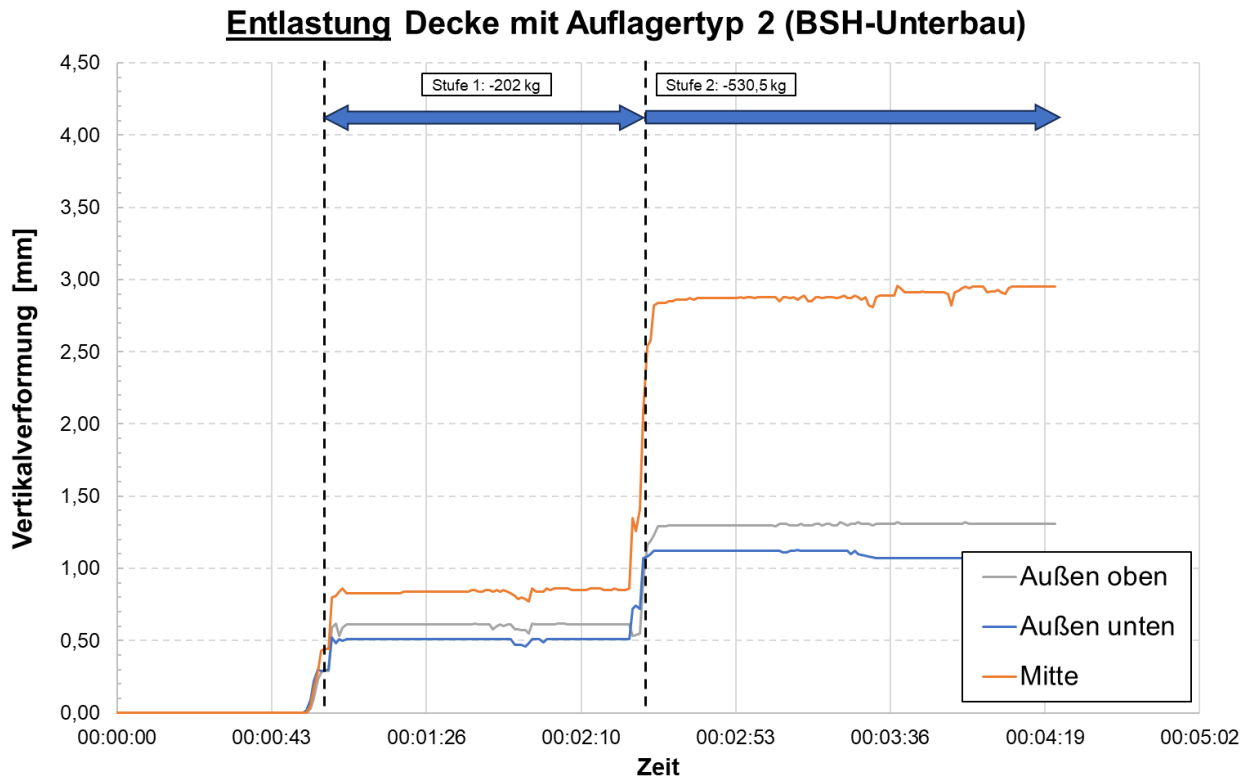
Abbildung 25 Last-Verformungsdiagramm der Flächenlast auf die gesamte Platte



In Summe wurde die Platte schrittweise mit einer Gesamtlast von 530,5 kg belastet und zeigte eine maximale Verformung in Plattenmitte von ca. 4,0 mm. Um den unerwünschten Einfluss der Verformung des Auflagers weiter zu reduzieren, wurden nach dieser ersten Untersuchung die Wegaufnehmer entfernt und die beiden Stahlböcke durch zwei Brettschichtholzträger ersetzt. Diese dienten in weiterer Folge als neues steiferes Auflager für die Untersuchung der Verformungen der Brettstapeldecke. Im Zuge des Auflagerumbaus wurde die Belastung nicht von der Platte entfernt sodass weiterhin 530,5 kg auf dem Probekörper zu liegen kamen.

In weiterer Folge wurde daher nun das Entlasten der Platte mit den wieder installieren potentiometrischen Wegaufnehmern mitaufgezeichnet. Dazu wurde diese nach dem Umbau der Auflager neu positioniert und am Ende tariert. Die Wegaufnehmer haben somit in diesem Schritt die Entlastung der Platte in den Ursprungszustand, d. h. die Verformung unter Eigengewicht der Platte mit aufgezeichnet (siehe Abbildung 26).

Abbildung 26 Last-Verformungsdiagramm der Flächenlast auf die gesamte Platte



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

In Abbildung 26 sind nur zwei Sprünge in der aufgezeichneten Verformung ersichtlich, da die gesamte Auflast von 530,5 kg in zwei Arbeitsschritten durchgeführt wurde. Zunächst wurde eine Last von insgesamt 202 kg entfernt, was eine Rückverformung von ca. 0,5 – 0,8 cm zur Folge hatte. Nach dem Entfernen der gesamten Last von 530,5 kg verformte sich die Brettstapeldecke in der Mitte ca. 2,9 mm zurück, an den beiden Rändern jeweils zwischen 1,1 und 1,3 mm. Die Differenz zu den Verformungen aus dem Belastungszyklus ergibt sich aufgrund der nun steiferen Lagerung des Probekörpers im Vergleich zu den eher weicheren Stahlböcken.

4.5.2.2 Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wieder-verwendeten Holzbrettern unter einer Einzellast auf eine einzelne Lamelle zur Untersuchung der Lastverteilung in Plattenbreite

In einer weiteren Untersuchung wurde sodann das Last-Verformungsverhalten der Decke unter einer Einzellast betrachtet. Die Belastung wurde hierbei nur in der Mitte der Spannweite der Brettstapeldecke, sowie auf einer einzelnen Lamelle in der Mitte des

Bauteils aufgebracht. Zum Zwecke einer eindeutigen Lasteinleitung wurde als Zwischenstück zwischen Betonblock und zu untersuchendem Bauteil ein Holzstück vorgesehen, welches eine Länge von 100 cm und eine Breite von 40 mm hatte. Dadurch konnte die Belastung auf eine einzelne Lamelle aufgebracht und in weiterer Folge die Verteilung dieser in Plattenquerrichtung durch die potentiometrischen Wegaufnehmer aufgezeichnet werden. Die Prüfkongfiguration vor dem Aufbringen der Belastung ist in Abbildung 27 zu sehen.

Abbildung 27 Lasteinleitung und Lastaufbringung für die Untersuchung des Verformungsverhaltens unter mittiger Einzellast



a) Lasteinleitungssituation

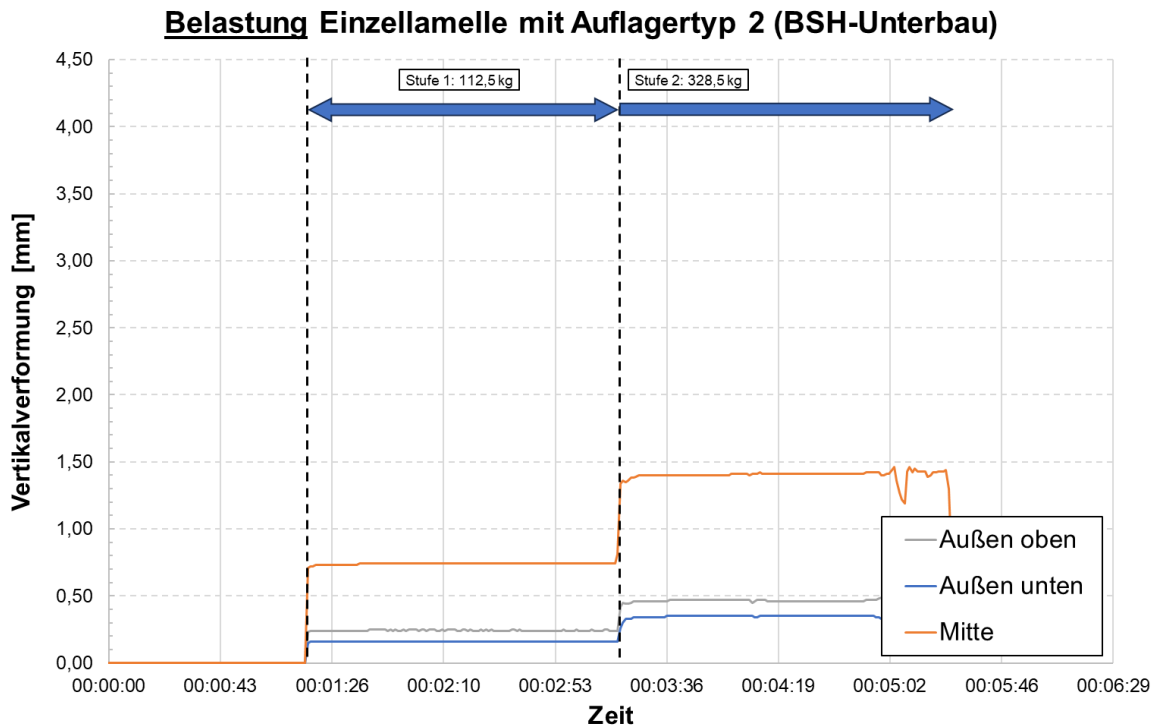


b) Aufbringen der Lasten

Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Aufgrund der Geometrie der vorhandenen Betonblöcke und deren Aufstandsfläche konnten nur zwei Blöcke mit einem Gesamtgewicht von insgesamt 219,5 kg auf den Brettstapelkörper aufgebracht werden. Die Messung der Verformungen erfolgte mit der gleichen Positionierung und dem gleichen Aufzeichnungssystem wie bei der Untersuchung mit der Flächenlast. Das Ergebnis der Untersuchung zur Einzellast ist in Abbildung 28 zu sehen.

Abbildung 28 Last-Verformungsdiagramm der Einzellast auf einzelne Lamelle in Plattenmitte



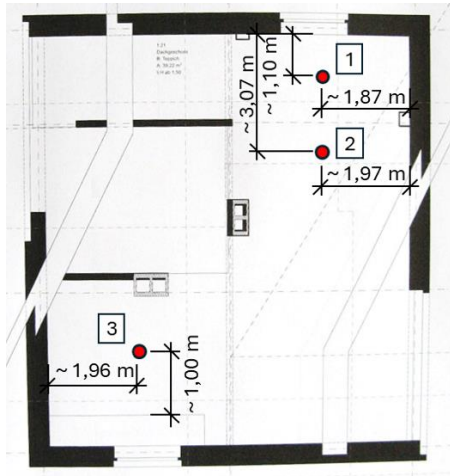
Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Bei Belastung einer einzelnen Lamelle in Plattenmitte mit ca. 219,5 kg stellt sich unterhalb eine Vertikalverformung von ca. 1,4 mm ein. An den beiden Plattenrändern liegt diese Vertikalverformung nur mehr bei ca. 0,35 bzw. 0,47 mm und damit bei ca. 25 % bzw. 47 % der Plattenmittenverformung.

4.5.2.3 Untersuchung des Schwingungsverhaltens der Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Holzlamellen im eingebauten Zustand

Die Messung des Schwingungsverhaltens der Decke erfolgte durch die Messung des Körperschalls an der Plattenoberseite mittels Körperschallaufnehmers und Anregung durch den von einem Hammer eingebrachten Impuls. Die drei Messstellen sind in Abbildung 29a schematisch im Grundriss dargestellt.

Abbildung 29 Messung der Schwingung des Brettsperrholzdeckensystems



a) Schematische Darstellung der drei Messstellen für die Schwingungs- und Durchbiegungsmessung vor Ort

b) Detailabbildung des Körperschallaufnehmers

Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

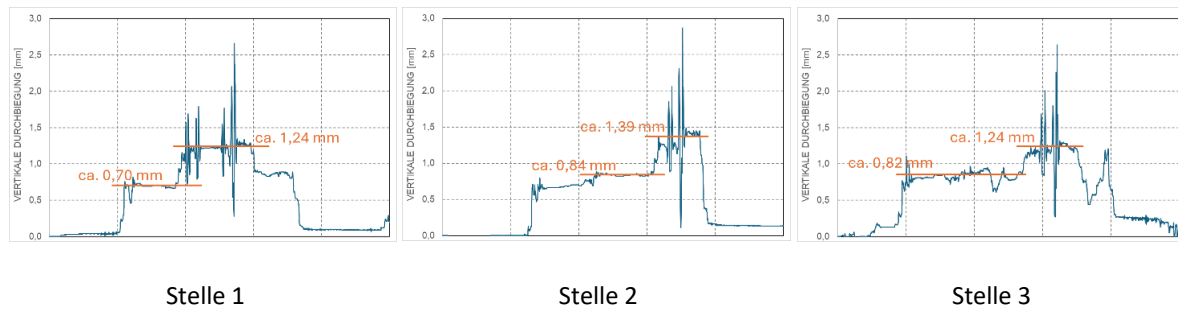
Die Befestigung des Aufnehmers an der Plattenoberseite erfolgte durch Bienenwachs, welches vorher leicht angewärmt wurde (siehe Abbildung 29b).

Um die erforderliche Schwingung zu erzeugen, wurde die Decke an jeder Position insgesamt fünf Mal mit einem Hammer von oben angeregt. Die Fallhöhe betrug dabei jeweils ca. 20 cm. Das Ergebnis der Messung vor Ort waren Audiodateien (.wav) welche in weiterer Folge verwendet wurden, um die Eigenfrequenz der Decke je Messposition zu bestimmen.

4.5.2.4 Messung der tatsächlichen vertikalen Durchbiegung der Brettstapeldecke im eingebauten Zustand

Die Messung der tatsächlichen Vertikalverformung im eingebauten Zustand erfolgte am 11.06.2024 vor Ort durch die einen Beauftragten der Camillo Sitte Versuchsanstalt. Die Durchbiegung der Brettstapeldecke, welche zwischen dem Erdgeschoss und Obergeschoss eingebaut war, wurde an insgesamt drei Stellen von der Unterseite der Platte ausgemessen. Bei den Messstellen handelt es sich um die gleichen Positionen wie bei der Bestimmung des Schwingungsverhaltens. Diese sind in Abbildung 30 zu sehen.

Abbildung 30 Ergebnisse der Durchbiegungsmessung im eingebauten Zustand

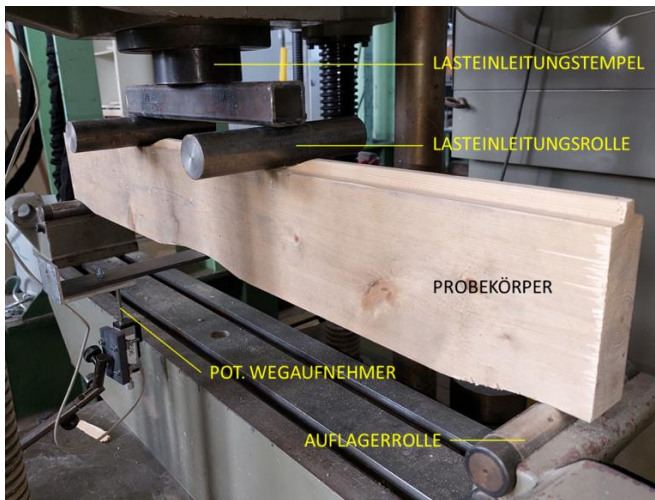


Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

4.5.2.5 Untersuchung des Elastizitätsmoduls sowie der Biegezugfestigkeit der wieder-verwendeten Holzlamellen

Für die Untersuchung des Elastizitätsmoduls des Grundmaterials wurden aus einer langen Einzellamelle jeweils ca. 95 cm lange Einzelstücke herausgeschnitten. Diese wurden in einem Vier-Punkt-Biegeversuch in einer Universalbiegeprüfmaschine auf Biegung beansprucht, wobei die Stützweite stets 90 cm betrug. Die Lasteinleitung erfolgte dabei zentral über einen zentrischen Druckstempel, wobei diese Last auf zwei Lasteinleitungsrollen weiter nach außen verteilt wurde. Die Lasteinleitung dieser Einzellasten erfolgte in den Drittelpunkten des Probekörpers (siehe Abbildung 31).

Abbildung 31 Beispielfoto für den Prüfaufbau zur Bestimmung des globalen Biegeelastizitätsmoduls sowie der Biegezugfestigkeit



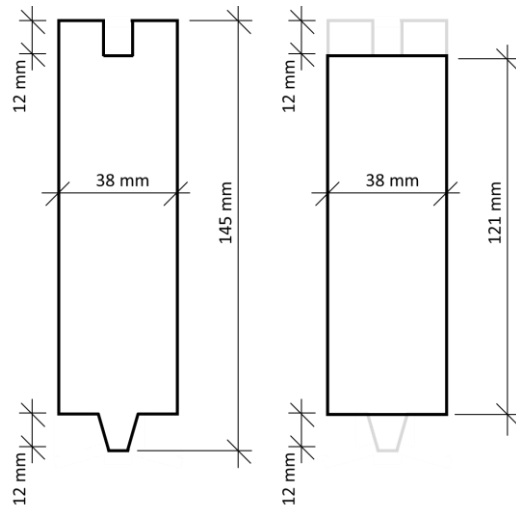
Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Für die Ermittlung des globalen Verformungsweges der Probekörper wurde an der Unterseite die Vertikalverschiebung mittels eines potentiometrischen Wegaufnehmers gemessen (analog zur Messung am Großprobekörper). Die Aufzeichnung der Verformung erfolgte wieder mittels eines ALMEMO-Systems.

Da die Probekörper ein Nut- und Federsystem aufwiesen und dies für die Biegeprüfung nachteilig ist, wurde im Bereich der Auflagerung und der Lasteinleitung diese Nut bzw. Feder mit einer Säge entfernt. Die Ausklinkungszone wurde verlaufend geschnitten, um Spannungsspitzen im Bauteil zu vermeiden.

Aus diesem Nut- und Federsystem ergibt sich für die Berechnung der Steifigkeit und der Biegefestigkeit der Einzelprobekörper ein vereinfacht angesetzter Rechteckquerschnitt gemäß nachfolgender Abbildung 32.

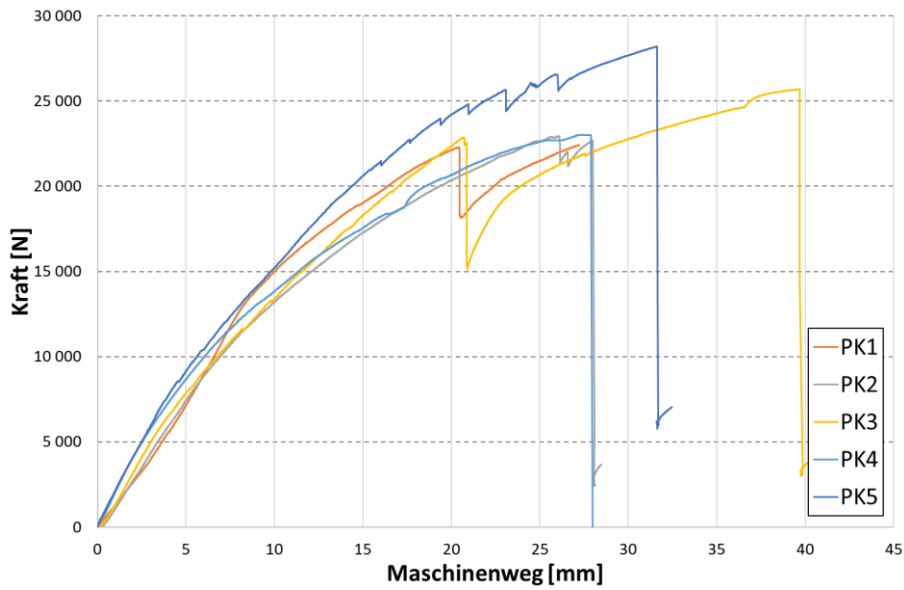
Abbildung 32 Querschnitt der geprüften Probekörper (links: mit Nut-Federsystem, rechts: Referenzquerschnitt für Berechnung)



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Insgesamt wurden fünf Probekörper hochkant geprüft. Die aus den Versuchen ermittelten Last-Verschiebungskurven sind in Abbildung 33 ersichtlich. Dabei handelt es sich um Kurven mit dem Maschinenweg, welche lediglich für die Bestimmung der maximalen Traglast geeignet sind. Um eine Zerstörung des Wegaufnehmers im Zuge des Versuchs zu unterbinden und um auch die Einflüsse der Eindrückungen an den Auflagern und den beiden Lasteinleitung aus Messung hintanzuhalten, wurde der potentiometrische Wegaufnehmer nach ca. 2 mm gemessener Verformung entfernt.

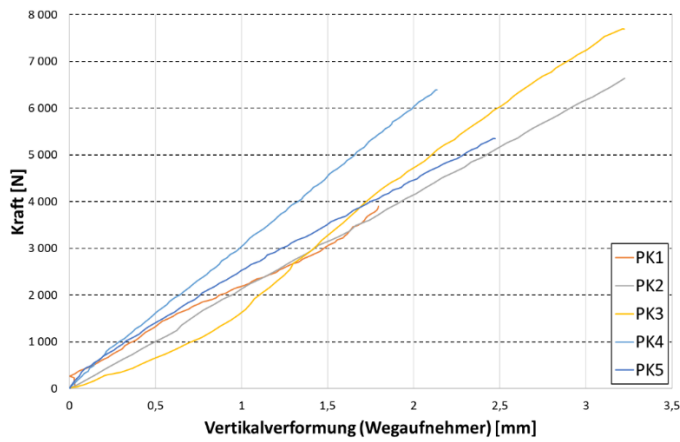
Abbildung 33 Last-Verschiebungskurven der fünf untersuchten Probekörpern aus der Hochkantprüfung mit Vertikalverformung aus Maschinenweg



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Die deutlich sichtbare Nichtlinearität resultiert aus den, aufgrund der Geometrie der Probekörper, sich ergebenden Eindrückungen an den Auflagern und den Lasteinleitungen mit zunehmender Belastung. In Abbildung 33 sind die Last-Verschiebungskurven, welche auf den Verschiebungen des potentiometrischen Wegaufnehmers basieren, für alle fünf Probekörper dargestellt.

Abbildung 34 Last-Verschiebungskurven der fünf untersuchten Probekörpern aus der Hochkantprüfung mit Vertikalverformung aus Wegaufnehmer



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Die Auswertung der globalen Biegeelastizitätsmoduln erfolgte in Anlehnung an ÖNORM EN 408:2010 wobei normgemäß ein Schubmodul G von 650 N/mm^2 berücksichtigt wurde in der Auswertung. Die Ergebnisse der Untersuchung zur Biegetragfähigkeit (f_m als Biegezugfestigkeit und $E_{m,g}$ als globaler Biegeelastizitätsmodul) sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2 Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich Biegeverhalten der Bretteinzellamellen

	Breite*) [mm]	Höhe*) [mm]	F_{max} [kN]	f_m [N/mm ²]	$E_{m,g}$ [N/mm ²]
PK 1	38	121	22,4	36,3	4383,3
PK 2	38	121	22,9	37,1	5064,6
PK 3	38	121	25,7	41,6	6399,1
PK 4	38	121	23,0	37,2	7508,5
PK 5	38	121	28,2	45,6	5002,6
		Min	22,4	36,3	4383,3
		Max	28,2	45,6	7508,5
		Mittelwert	24,4	39,6	5671,6

*) als Rechenquerschnitt ohne Nut- und Federsystem

Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Als Plausibilitätskontrolle wurde das globale Elastizitätsmodul aus dem Entlastungszyklus der Probelastung am Großprobekörper rückgerechnet. Dieser liegt überschlagsmäßig bei einer Breite von 1,18 m, einer Dicke von 0,145 m und einer Spannweite von 3,65 m unter der Annahme eines Einfeldträgers mit mittiger Einzellast bei ca. 6064 N/mm². Es ist daher davon auszugehen, dass der Biegeelastizitätsmodul der Einzellamelle in der geprüften Größenordnung liegt. In Abbildung 35 sind zwei Bruchbilder beispielhaft dargestellt. Es handelt sich dabei um klassische Biegebrüche in Feldmitte, ausgehend aus der gezogenen Unterseite der Probekörper.

Abbildung 35 Beispielbilder zum Biegeversagen der untersuchten Einzellamellen



Quelle: Camillo Sitte Lehranstalt

Gleich der Transformation der Bauteile hin zu wiedereinbaubaren Bauelementen mit Zertifikat und ready made für den realen Markt, erfolgt auch die wirtschaftliche Herangehensweise, die Wertschöpfungsketten und deren Beteiligte eine Transformation. Ausgehend vom höheren Wert der vorhandenen Bauteile erfolgt eine Kategorisierung in Halbzeug mit unterschiedlichem Fertigstellungsgrad.

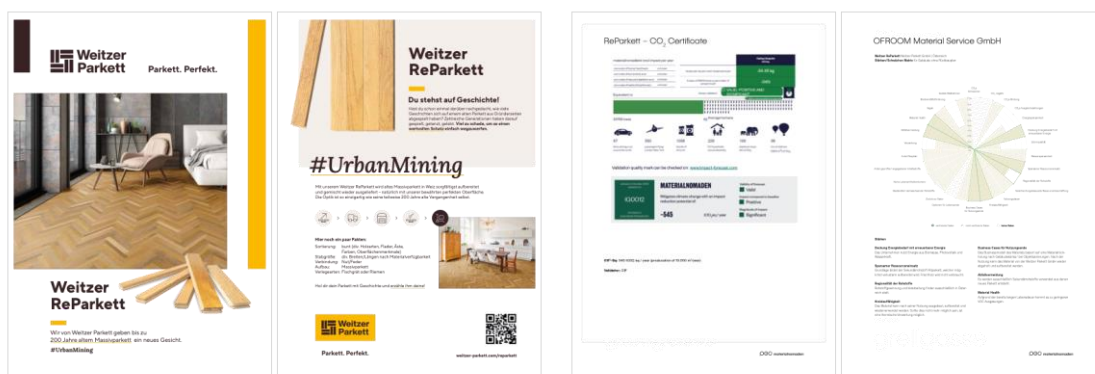
Dies geht vom einfachen rezertifizieren durch Abgleich von Informationen zu den Elementen in Datenbanken und/oder Archiven, bis hin zum kompletten Refurbishment. Die Erkenntnisse sollen in weiterer Folge in der Umsetzung weiterer Projekte ausdefiniert und durch intensive Zusammenarbeit der am Markt Beteiligten geschärft und implementiert werden.

Im Projekt LenA konnten Bauteile von vier verschiedenen Unterkategorien einer möglichen Hauptkategorie - Aufbereitung durch mechanische Bearbeitung - zum Wiedereinsatz kommen. Alle Elemente bedurften einer Bearbeitung.

- **industriell (ReParkett®)**

Der ReParkett® ist das erste ReUse-Bauprodukt mit vorliegendem Zertifikat [Carbon Footprint CO₂-equ = -54 kg per Square Meter] im negativen Bereich. So steht ReParkett als Bauprodukt mit den besten Nachhaltigkeitsbewertungen in der OFROOM – Material Service Tool Datenbank auf Platz 1.

Abbildung 37 Weitzer ReParkett®



Quelle: Weitzer Parkett

Dies liegt am Ressourcenerhalt und zeigt somit bereits an der „Oberfläche“, welche Potentiale in der Materialwiederverwendung generiert werden können. Im nächsten Schritt der Überführung des Benefits von ReUse ist ein EPD zu erstellen, analog dem Beispiel des Verbands der deutschen Parkettindustrie und der Umweltproduktedeklaration von Massivholzbodens – erstellt durch das dt. IBO.

Abbildung 38 Umweltproduktedeklaration Vollholzparkett

The image displays the environmental product declaration (EPD) for solid wood flooring, issued by the Verband der Deutschen Parkettindustrie e.V. (VDP). It includes the cover page with product details, the full EPD document with technical specifications and tables, and a bar chart comparing the environmental impact of different flooring types.

EPD Cover Page:

- UMWELT-PRODUKTDEKLARATION** nach ISO 14025 und EN 15804-1
- Produktname:** Massivholzböden
- Hersteller:** Verband der Deutschen Parkettindustrie e.V.
- Produktbeschreibung:** Vollholz-Böden (ca. 30m³ Holz, 8m³ Lärchenschalung)
- Produktcode:** EPD-VDP-0011028-001-DE
- Abstellungsdatum:** 18.12.2021
- Gültig bis:** 14.12.2026

EPD Document:

- 1. LCA Ergebnisse:**
 - Die absolute Umweltbelastung ist in "Tonnen" (Analogie der Bodenbelastung) mit einem "P" oder "N" nicht vergleichbar mit "kg CO₂-Äquivalent" (Analogie der Luftbelastung) von 1 kg bis 100 kg CO₂-Äquivalent (Analogie der Luftbelastung).
 - Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt.
- 2. LCA Interpretation:**
 - Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der LCA für die verschiedenen Produkte. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Table 1: Environmental Impact Data (Approximate Values)

Produkt	CO ₂ e	Acid Equivalents	Other Impacts
Produkt A	1.200	0.8	0.5
Produkt B	1.500	1.0	0.6
Produkt C	1.800	1.2	0.7
Produkt D	2.100	1.4	0.8
Produkt E	2.400	1.6	0.9
Produkt F	2.700	1.8	1.0
Produkt G	3.000	2.0	1.1
Produkt H	3.300	2.2	1.2
Produkt I	3.600	2.4	1.3
Produkt J	3.900	2.6	1.4
Produkt K	4.200	2.8	1.5
Produkt L	4.500	3.0	1.6
Produkt M	4.800	3.2	1.7
Produkt N	5.100	3.4	1.8
Produkt O	5.400	3.6	1.9
Produkt P	5.700	3.8	2.0
Produkt Q	6.000	4.0	2.1
Produkt R	6.300	4.2	2.2
Produkt S	6.600	4.4	2.3
Produkt T	6.900	4.6	2.4
Produkt U	7.200	4.8	2.5
Produkt V	7.500	5.0	2.6
Produkt W	7.800	5.2	2.7
Produkt X	8.100	5.4	2.8
Produkt Y	8.400	5.6	2.9
Produkt Z	8.700	5.8	3.0

Bar Chart: Comparison of environmental impact (CO₂e) for different flooring types. The chart shows that solid wood flooring (Produkt A) has the lowest environmental impact, while other types (Produkt B-Z) have significantly higher impacts.

Quelle: Verband der deutschen Parkettindustrie e. V.

- **manufaktuell** (Brettstapeldecke, Dachstuhl)

Aufbereitete Holzelemente als Dachstuhl (ca. 30m³) und unfunktionierte Brandschutzschalung (ca. 8m³) sind über eine Manufaktur wieder in einen neuen Lebenszyklus übergeführt worden.

- **maschinell** vor Ort (Holzboden, Dachstuhl Nebengebäude, Betonplatten, Lärchenschalung Terrasse)

- **händisch** vor Ort (Vollholzziegel, Dachziegel, Betonstiege)

Des Weiteren sind diverse Elemente vor Ort in Stand gesetzt worden. Aus Sicht des Entwicklers in Hinblick auf ESG-Reporting und Reduktion von Transportwegen beginnt ein Wiedereinsatz bei der Bestandserhaltung. Hierzu gehört eine ordentliche Dokumentation des Vorhandenen, und zwar vor Allem im Detail. Schichtaufbau, Montage, Materialeigenschaften, Anschlüsse, ... Dies führt zu einer weiteren tiefgreifenden Erkenntnis im Projekt: Das Führen von Bauwerksbüchern bietet Vorteile im Hinblick auf die Bestandserhaltung und kann durch die Integration von Bauteilkatalogen zudem ökonomische Mehrwerte bei Um-, Teilrückbau- und Adaptierungsmaßnahmen an Bestandsgebäuden schaffen. Einerseits ermöglicht es eine schnellere Sichtbarmachung von Bauteilen für einen zukünftigen Wiederverwendungsmarkt, andererseits erleichtert es deren Integration in Eigenprojekte.

Wie schaffen wir es für ein Gesamtprojekt mit Lebenszyklusanalyse die individuellen Benefits der ReProducts zu integrieren?

Produzent_innen bewerten individuell aufgrund unterschiedlicher Datenbasen - Ein Abgleich erfolgt derzeit auf Metaebene von z.B.: Digital findet Stadt oder im Rahmen des Forschungsprojektes M-HUB.

Ein notwendiger Zwischenschritt wird das frühzeitige Setzen verbindlicher Standards sein. Weitere Pionierleistungen sind erforderlich, jedoch im engen Schulterschluss mit der Industrie. Auch diese will erkennen, wie Bauprodukte gestaltet sein wollen, um sie in einen zweiten Lebenszyklus zu bringen. Dies zu erlernen an schon Vorhandenem bringt enormen Erkenntnisgewinn und, zumindest mittelfristig, Marktvorteile in der Transformation. Zu diesem pionierhaften Verhalten gehören auch Absicherungen wie Markenmeldung inkl. vertraglicher Absicherung von Zertifizierungsprozessen, die jedoch open source zugänglich gemacht werden.

Was dabei zertifiziert wird, ist der Prozess: siehe Ausschreibungstexte, damit der Prozess in einem Architekturprojekt von Beginn an mit den Erkenntnissen aus AP ReUse Monitoring einfließen kann.

Aus dem ergibt sich die Fachplanung für die Projektierung von Immobilien- u. Architekturprojekten die mit Integration des Bestands und dem Einsatz von Wiederverwendbaren Bauteilen arbeiten möchte (muss > je nach Weiterentwicklung der TAXONOMIE-Verordnung, EPBD, EPD-Standards auf EU-Ebene, OIB 7 auf nationaler Ebene, Bauordnung/ Bauwerksbuch auf Länder-Ebene, ...)

Durch die Erkenntnisse aus den Prozessschritten kann diese Fachplanung anhand eines Leistungsbildes gut in die herkömmlichen Architektur-Planungs-Leistungsphasenmodell (LM+VM; Dipl. ING. Hans Lechner) - nun von Fachplaner_innen wie der materialnomaden GmbH so auch vergabekonform angeboten werden. Rückwirkend trägt diese Positionierung zu einer höheren Sicherheit (Versorgung, Markt - Angebot <-> Nachfrage wird angekurbelt) in der Wertschöpfungskette bei, und auch ggü. den Eigentümer_innen ergeben sich die Haftungs- und Gewährleistungsmechanismen (Risiko minimieren).

Die Erkenntnisse aus der Bewertung der grauen Emissionen durch Bestandserhaltung und Wiedereinsatz werden in weiterer Folge in der Entwicklung von Immobilien mit einfließen und so ein immer detaillierteres Bild zur Wertschöpfung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft generieren.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Fachliche Einschätzung der Prozessbegleitung

Um Reuse in die Praxis zu bringen, bedarf es weiterer förderlicher Rahmenbedingungen. Unter den derzeit ReUse- ablehnenden Marktbedingungen ist mit diesem Projekt LenA ein weiterer Schritt gelungen, prototypisch die Leistungsphasen für ReUse zu definieren und die Hindernisse klar und deutlich zu identifizieren.

Parallel zur Umsetzung und Implementierung von den wiederverwendbaren Elementen und Materialien, die Potential zur Entwicklung von weiteren ReProducts® darstellen, konnte der Ablauf und die Vorgehensweise systematisiert werden, sodass in einem nächsten Schritt mit unterschiedlichen Stakeholdern weitere Reuse Bauprodukte auf den Markt gebracht werden können.

Abbildung 39 LenA Bestand saniert



Quelle: materialnomaden GmbH

5.2 Weiterbearbeitung der Handbuchergebnisse

Die zusammengefassten Ergebnisse für das Prozess Handbuch „Circular Architecture Design Rules“ werden ab 2026 Sommersemester in weiteren Lehrveranstaltungen zur Anwendung (Testung) kommen, inwiefern die Neugestaltung der Planungsabläufe in die Abbildung der Leistungsphasen der Architekturplanung implementierbar werden. Für dies Abläufe gilt es im Speziellen in der Architekturausbildung Bewusstsein zu schaffen.

Während der Projektlaufzeit LenA – circular houses in den Jahren 2023 bis 2025 gab es bereits Wettbewerbs-Ausschreibungen mit Fokus Bestandserhalt / ReUse. Die Berücksichtigung des effizienteren Ressourceneinsatzes einerseits im Umgang mit dem vorhandenen Gebäude-Bestand, sowie der Berücksichtigung von verfügbaren Komponenten im Bauvorhaben bereits ab Entwurfsphase erfordert ein Umdenken im Planungsablauf.

5.3 Zielgruppe

Interessensträger des Themas

- Gebietskörperschaften und Behörden
- Interessensvertretungen in Bereichen des Baugewerbes, der Bauindustrie sowie der Bauprodukte-Hersteller/-händler
- Fördergeber
- Immobilienwirtschaft
- Auftraggeber aus dem Hoch- und Infrastrukturbau
- Planer
- Gebäudezertifizierer
- Bauausführende
- Hersteller von Bauprodukten/Bauteilen
- Ver- und Entsorgungswirtschaft
- Konformitätsbewertungsstellen
- Sachverständige
- Universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen
- Bildungseinrichtungen
- NGOs und Verbraucherschutzorganisationen

6 Ausblick und Empfehlungen

6.1 Standorte für Experimentierräume & Reallabore schaffen

Etablierung von Standorten zur Förderung der Wiederverwendung

- CircularHUBS
 - Umbauhöfe
 - Urban Mining Hubs
 - Bauteillager
 - Maker Spaces
-
- Im universitären Kontext sollte ein überdisziplinäres Institut mit Labor eingerichtet werden, um disziplinübergreifend an Methoden für zirkuläres Bauen zu arbeiten.
 - Damit eine Bauwende und Transformation gelingen kann müssen Universitäten, Institutionen aus mehreren Bereichen mit der Wirtschaft und dem Finanzierungswesen enger zusammenarbeiten. Es ist erforderlich, Wirtschaftlichkeiten von Baumaßnahmen allumfassender zu betrachten und eine Sichtweise stärken, die auf eine gesamtgesellschaftliche volkswirtschaftliche Ebene heruntergerechnet werden kann, um langfristig eine stärkere Autarkie von Rohstoffen in instabilen Zeiten wie diesen zu gewährleisten. Insbesondere muss der Innovationswille von KMU's im Bauwesen gestärkt werden, um nachhaltige Maßnahmen in die Breite zu bringen.
 - Zudem fehlt es an Finanzierungsprodukten. Dazu ist im ersten eine engere Zusammenarbeit mit dem Finanzsektor ein erster wichtiger und nächster Schritt, um den Austausch zu den Anforderungen

6.1.1 Prototyping

Gezieltes Fördern von der Umsetzung bedeutet reales Ausprobieren anhand der Bauelemente, die aus Rückbauten oder anderen Infrastrukturen (wie hier abgebildet – aus Personenwägen der ÖBB) stammen. Die Reparaturverständnis ist über dies HandOn Methoden einfach greifbar und ermöglicht einen lösungsorientierten Umgang mit Vorhandenem.

Abbildung 40 Prototypenbau für Fassade

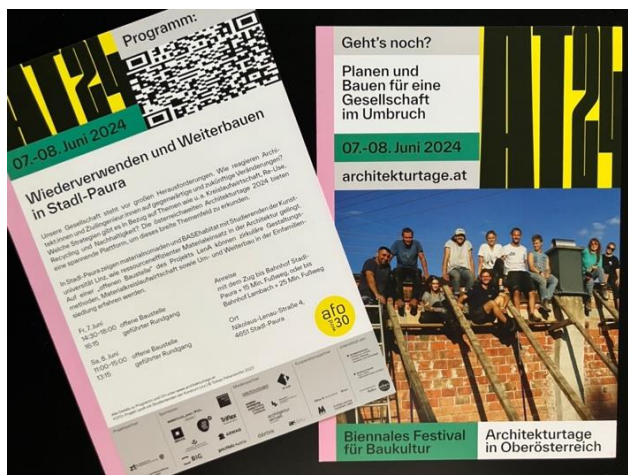


Quelle: materialnomaden GmbH

6.2 Themenfeld in die Breite tragen

- Potenzial für Demonstrationsvorhaben (Chancen / Herausforderungen / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung in Richtung Demonstrationsprojekt)
- Durch weitere Demonstrationsgebäude und entsprechender Präsentationsformate
 - Architekturtage
 - Tag der offenen Türen
 - Workshops & Führungen
- Veranstaltungen zu baukulturellen Themen niederschwellig anbieten und Interesse für eine achtsame Gestaltung der gebauten Umwelt generieren

Abbildung 41 Architekturtage 2024



Quelle: architekturtage.at

Data Management Plan (DMP)

1. Datenerstellung und Dokumentation

Das Bauvorhaben wurde für die Erstellung einer Prozessanalyse fotografisch und anhand der Führung eines umfangreichen Bautagebuchs dokumentiert. Die Daten stehen dem Projektkonsortium zur Verfügung. Sie sind auf einem Server der Konsortialführung gespeichert. Die digitale Datensammlungen liegen in folgenden Formaten vor: doc, xls, jpg, png, pdf, dxf & .mp4. Im Zuge des Projektes wurden auch Interviews mit am Projekt beteiligten ausführenden Unternehmen im Sinne des Social Monitorings durchgeführt. Diese sind transkribiert und zusammengefasst – sie stellen eine Grundlage für weitere Maßnahmen zur Etablierung des Forschungsthemas dar.

Tabelle 3 Beschreibung der Daten, welche im Rahmen des Projekts verwendet werden

Beschreibung	Typ	Art	Quelle	Zugang	Link
Bauteilkatalog	Num.& Bild	Datenbank	RosinA	intern	HarvestMAP eGen
Bauaufnahme & Plandokumente	Digital & Analog	Skizzen / CAD	Bestandsgebäude		

Tabelle 4 Beispiel für die Beschreibung der Daten, welche im Projekt generiert werden

ID	Beschreibung	Typ	Art	Verantwortlich	Zugang
CO ₂ -Equivalent durch Einsatz von ReProducts®	Numerisch	LCA Tabelle/ GWO Kennwerte			Öffentlich

2. Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Die Forschungsdaten bleiben das geistige Eigentum der Forschungspartner_innen, durch die das Projekt durchgeführt wird. Der Konsortialvertrag regelt das "First Right of Negotiation and Use" für die potenzielle kommerzielle Weiterentwicklung. Sensible Daten

werden durch Anonymisierung geschützt. Urheberrechte der beteiligten Forschenden sind zu respektieren (Referenzierung und Quellenangaben).

3. Datenspeicherung und -erhalt

Für die Datenspeicherung ihrer jeweiligen Forschungsergebnisse sind die Konsortialpartner_innen selbst zuständig. Während der Forschung wurde der Server des Konsortialführers für den Datenaustausch zur Verfügung gestellt. Von diesen Daten werden auch Backups auf externen Speichermedien durchgeführt und am aktuellen Firmensitz verwaltet. Die Partner_innen haben Zugriff auf ihre Daten und übernehmen mit Projektende die Verwaltung ihrer eigenen Forschungsbeiträge.

4. Wiederverwendbarkeit der Daten

Sensible Daten werden durch Anonymisierung geschützt. Im Zuge des Forschungsprojekts generierte Daten stehen den Projektpartnern, unter Berücksichtigung der vertraglichen Regelung, zur Verfügung. Auf Anfrage, sofern die Partner_innen dies als möglich sehen, können die Daten für Forschungszwecke zugänglich gemacht werden, dies unter der Berücksichtigung der Urheberrechte der beteiligten Forschenden sind zu respektieren (Referenzierung und Quellenangaben). Daten werden im Zuge von wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht. Unsere wissenschaftlichen Veröffentlichungen werden eine Beschreibung der Daten enthalten. Die Daten werden nach der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse für die Lehre der Projektpartner_innen und Prozessentwicklung weiterer UseCases verwendet.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Normenwerke zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden	15
Tabelle 2 Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich Biegeverhalten der Bretteinzellamellen	48
Tabelle 3 Beschreibung der Daten, welche im Rahmen des Projekts verwendet werden ..	60
Tabelle 4 Beispiel für die Beschreibung der Daten, welche im Projekt generiert werden ..	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Lageplan der Flüchtlingsansiedelung in Baracken / Siedlungsbau in den 1950ern	11
Abbildung 2 Ausheben der Baugrube / Studentische Helfer mit Bauherrschaft	12
Abbildung 3 Bestandsgebäude / Erweiterungsobjekte.....	12
Abbildung 4 Leistungsphasen Architektur Plus ReUse.....	13
Abbildung 5 Einreichplan Bestand Umbau LenA Projekt	14
Abbildung 6 Einreichplan Neubau LenA Projekt	14
Abbildung 7 Lebenszyklusbetrachtung	15
Abbildung 8 Darstellung Wertschöpfungskreislauf mit Grave2Cradle Ansatz	16
Abbildung 9 Bauteilkatalog Nordwestbahnhof Wien Props-Halle: konstruktive Holzbauteile Brandschutzschalung / Bilder Baustelle ReUse Bauteile.....	17
Abbildung 10 Dokumentation der praktischen HandsOn Workshops im LenA Projekt	19
Abbildung 11 Materialkreisläufe in der Architektur	21
Abbildung 12 Netzwerk der Akteur_innen im Architekturprozess	22
Abbildung 13 Studierende der Kunstuniversität Linz auf der LenA Baustelle	26
Abbildung 14 Studierende präsentieren ihre Entwurfsideen für LenA an der Kunstuniversität Linz	27
Abbildung 15 Ideen von Bachelorstudierenden zur Wiederverwendung von Bauteilen	28
Abbildung 16 Leimbinder & Vollholz zur Bearbeitung in der Zimmerei / Einsatz als Dachstuhl im Projekt LenA	30
Abbildung 17 Brettstapeldecke aus Brandschutzschalung	31
Abbildung 18 ReParkettlieferung für das Projekt LenA	32
Abbildung 19 Untersuchte Deckenplatte des Brettstapelsystems aus wiederverwendeten Holz-Fassadenbrettern	33
Abbildung 20 Versuchsaufbau für den ersten Belastungszyklus des Bauteils.....	35
Abbildung 21 Versuchsaufbau für den ersten Belastungszyklus des Bauteils.....	35
Abbildung 22 Verschraubungsbild der untersuchten Brettstapeldecke aus wiederverwendeten Fassadenbrettern.....	36
Abbildung 23 Positionierung der drei potentiometrischen Wegaufnehmer an der Plattenunterseite.....	37
Abbildung 24 Aufbringen der Belastung mittels abgewogener Betonblöcke.....	38
Abbildung 25 Last-Verformungsdiagramm der Flächenlast auf die gesamte Platte	39
Abbildung 26 Last-Verformungsdiagramm der Flächenlast auf die gesamte Platte	40
Abbildung 27 Lasteinleitung und Lastaufbringung für die Untersuchung des Verformungsverhaltens unter mittiger Einzellast.....	41

Abbildung 28 Last-Verformungsdiagramm der Einzellast auf einzelne Lamelle in Plattenmitte.....	42
Abbildung 29 Messung der Schwingung des Brettspertholzdeckensystems.....	43
Abbildung 30 Ergebnisse der Durchbiegungsmessung im eingebauten Zustand.....	44
Abbildung 31 Beispielfoto für den Prüfaufbau zur Bestimmung des globalen Biegeelastizitätsmoduls sowie der Biegezugfestigkeit.....	45
Abbildung 32 Querschnitt der geprüften Probekörper (links: mit Nut-Federsystem, rechts: Referenzquerschnitt für Berechnung).....	46
Abbildung 33 Last-Verschiebungskurven der fünf untersuchen Probekörpern aus der Hochkantprüfung mit Vertikalverformung aus Maschinenweg.....	47
Abbildung 34 Last-Verschiebungskurven der fünf untersuchen Probekörpern aus der Hochkantprüfung mit Vertikalverformung aus Wegaufnehmer.....	48
Abbildung 35 Beispielbilder zum Biegeversagen der untersuchten Einzellamellen.....	49
Abbildung 36 Energieausweis für den Umbau LenA.....	50
Abbildung 37 Weitzer ReParkett®	51
Abbildung 38 Umweltproduktedeklaration Vollholzparkett.....	52
Abbildung 39 LenA Bestand saniert	55
Abbildung 40 Prototypenbau für Fassade.....	58
Abbildung 41 Architekturtag 2024	59

Literaturverzeichnis

Bergmann C. (2019). *Prozesse entwerfen, eine Strategie für die Zukunft des Bauens*. Birkhäuser, (S. 161-190).

Hebel, D. E., & Heisel, F. (2022). Anders – Konsistenz als Prinzip. In: D. E. Hebel, F. Heisel & K. Webster (Hrsg.) *Besser, weniger, anders Bauen, Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft* (S. 100 - 102). Birkhäuser.

Heisel, F., & Hebel, D. E. (2022). Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens. In: D. E. Hebel, F. Heisel & K. Webster (Hrsg.) *Besser, weniger, anders Bauen, Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft* (S. 23-27). Birkhäuser.

Heringer, A., Blair Howe L., & Rauch, M. (2022). *Upscaling Earth, Material, Process, Catalyst*. gta Verlag, ETH Zürich (S. 112-147).

Milstein, M. (2022). Disruptive Innovation, In: D. E. Hebel, F. Heisel & K. Webster (Hrsg.), *Besser, weniger, anders Bauen, Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft* (S. 128 – 130). Birkhäuser.

United Nations Environment programme. (2022). *2022 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>

Abkürzungen

CAD	Computer Aided Design
EPD	Environmental Product Declaration
GWP	Global Warming Potential
LCA	Life Cycle Assessment
LPH	Leistungsphase

